



TUGAS AKHIR - SS 141501

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PENGANTONGAN SEMEN DI PT SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk DENGAN PENDEKATAN *SIX SIGMA*

FITRAH INDRA CAHYANI
NRP 1313 105 004

Dosen Pembimbing
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Program Studi S1 Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - SS 141501

QUALITY CONTROL OF CEMENT PACKAGING PROCESS IN PT SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk WITH SIX SIGMA APPROACH

FITRAH INDRA CAHYANI
NRP 1313 105 004

Supervisor
Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT.

Undergraduate Programme of Statistics
Faculty of Mathematics and Natural Sciences
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PENGANTONGAN SEMEN DI PT SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk DENGAN PENDEKATAN *SIX SIGMA*

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana
pada
Program Studi S1 Jurusan Statistika
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :
FITRAH INDRA CAHYANI
NRP. 1313 105 004

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT
NIP. 19610311 198701 2 001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Statistika FMIPA-ITS

Dr. Muhammad Mashuri, MT
NIP. 19620408 198701 1 001

SURABAYA, JULI 2015

ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PENGANTONGAN SEMEN DI PT SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk DENGAN PENDEKATAN SIX SIGMA

Nama Mahasiswa : Fitrah Indra Cahyani
NRP : 1313 105 004
Jurusan : Statistika FMIPA-ITS
Dosen : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT
Pembimbing

Abstrak

Pengendalian kualitas proses pengantongan semen yang dilakukan di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, selama ini dengan cara yang sederhana yaitu menggunakan diagram pareto, dimana informasi yang diperoleh hanya mengidentifikasi jenis cacat yang paling sering terjadi. Berdasarkan hasil proses pengantongan semen pada bulan Desember 2014, jumlah produk yang reject adalah 4,84%, jika dikonversikan ke level sigma menjadi 4,09 sigma. sehingga permasalahan dalam penelitian ini adalah menentukan level sigma untuk bulan selanjutnya. Untuk mencapai tujuan tersebut maka dilakukan analisis menggunakan peta kendali p multivariat, level sigma, diagram pareto dan diagram ishikawa. Data yang digunakan adalah data release packer bag kantong semen PPC 50 kg Tuban 4 bulan Januari dan februari 2015, dimana hasilnya peta p multivariat belum terkendali secara statistik, dengan level sigma pada bulan Januari 2015 sebesar 4,10 dan pada bulan Februari 2015 sebesar 4,12 sehingga level sigma mengalami kenaikan sebesar 0,02. Penyebab terjadinya produk cacat adalah kualitas bahan baku yang belum baik, karyawan kurang teliti dan kelelahan, lingkungan berdebu, keadaan mesin yang sudah aus, plat besi dan spot yang sudah tua.

Kata kunci : Proses Pengantongan Semen, Peta Kendali p Multivariat, DMAIC, Diagram Pareto, Diagram Ishikawa

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

QUALITY CONTROL OF CEMENT PACKAGING PROCESS IN PT SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk WITH SIX SIGMA APPROACH

Name of Student : Fitrah Indra Cahyani
NRP : 1313 105 004
Department : Statistika FMIPA-ITS
Supervisor : Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih, MT

Abstract

During this time controll quality of packing process which is done by PT Semen Indonesia (Persero) Tbk still using a simple way that called Pareto diagram, where the information which is obtained only identify the type of most often defect case. Based on the result of cement packing process on December 2014, number of rejected products was 4,84%, if this result was converted into sigma level became 4,09 sigma. So the problem in this research was determine the sigma level for the next month. To achieve that goal then conducted analyzes using p multivariate control chart, sigma level, Pareto diagram, and Ishikawa diagram. The data that used was release packer bag data of cement bag PPC 50kg in Tuban 4 on January to Februari 2015, where the result was p multivariate control chart has not controlled statistically, with sigma level on January 2015 was 4,10 and on February 2015 was 4,12 so the sigma level increased by 0,02. The cause of defective products was the quality of the products which was not good enough, the employees were less conscientious and too tired, dusty environment, the machine that almost out of date, old iron plate and spot.

Keywords : Cement Packing Process, Multivariate p Control Chart, DMAIC, Pareto Diagram, Ishikawa Diagram.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Syukur alhamdulillah kehadiran Allah SWT, Tuhan semesta alam atas segala rahmat, nikmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul: **"ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PROSES PENGANTONGAN SEMEN DI PT SEMEN INDONESIA (Persero) Tbk DENGAN PENDEKATAN *SIX SIGMA*"**. Selama Proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis telah menerima banyak banyuan, dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan penuh hormat, ketulusan dan rendah hati, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dra. Sri Mumpuni Retnaningsih. MT selaku dosen pembimbing, yang telah memberikan perhatian, bimbingan dan arahnya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Muhammad Mashuri, MT. selaku Ketua Jurusan Statistika ITS, serta dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini.
3. Ibu Dra. Lucia Aridinanti, MT selaku Ketua program studi S1, serta selaku dosen penguji yang telah memberikan masukan untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini
4. Bapak Dr. Suhartono. M. Sc selaku dosen wali yang telah memberikan perhatian dan semangat dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Heru, Bapak Samsuri, Bapak Afifudin, Bapak Cholik dan Bapak Chuluk PT. Semen Indonesia (Persero) Tbk yang telah memberikan izin, informasi dan bantuan selama pelaksanaan Tugas Akhir.
6. Bapak dan Ibu tersayang yang senantiasa mendoakan dan memberikan dukungan baik moril maupun material beserta segenap keluarga besar atas doa dan dukungannya.
7. Seluruh Teman Lintas Jalur Statistika ITS 2013 pada umumnya atas segala suport dan kebersamaannya.

8. Sahabat-sahabat (Ida, Fifi, Erna, Novil, Silvi, Alfi, Javelline) serta semua pihak yang turut mendukung dan membantu dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran diharapkan dari semua pihak untuk tahap pengembangan selanjutnya. Besar harapan penulis bahwa informasi sekecil apapun dalam Tugas Akhir ini akan bermanfaat bagi semua pihak dan dapat menambah pengetahuan.

Surabaya, Juli 2015

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| HALAMAN JUDUL | i |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | iii |
| ABSTRAK | v |
| ABSTRACT | vii |
| KATA PENGANTAR..... | ix |
| DAFTAR ISI..... | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvii |
| BAB I. PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Permasalahan | 3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4. Manfaat Penelitian | 4 |
| 1.5. Batasan Penelitian..... | 4 |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Statistika Deskriptif | 5 |
| 2.2. Pengendalian Kualitas Statistika..... | 5 |
| 2.2.1. Peta kendali Multivariat Atribut | 6 |
| 2.2.2. Peta kendali p Multivariat | 6 |
| 2.2.3. Identifikasi Variabel Penyebab Terjadinya Sinyal Tidak Terkontrol | 10 |
| 2.2.4. Membandingkan Proporsi Dua Populasi | 10 |
| 2.2.5. Kapabilitas Proses..... | 11 |
| 2.3. Diagram Pareto | 12 |
| 2.4. Diagram <i>Ishikawa</i> | 13 |

| | Halaman |
|---|---------|
| 2.5. <i>Six Sigma</i> | 14 |
| 2.6. Proses Produksi Semen..... | 16 |
| BAB III. METODOLOGI PENELITIAN | |
| 3.1. Pengambilan Sampel | 21 |
| 3.2. Variabel Penelitian | 21 |
| 3.3. Langkah Analisis..... | 24 |
| BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1. Analisis Statistika pada Tahap 1 | 27 |
| 4.1.1 Deskripsi Data..... | 27 |
| 4.1.2 Peta Kendali p Multivariat | 28 |
| 4.2. Analisis Statistika pada Tahap 2 | 32 |
| 4.2.1 Deskripsi Data..... | 32 |
| 4.2.2 Peta Kendali p Multivariat Tahap 2 | 32 |
| 4.3. Analisis Pergeseran Proses | 34 |
| 4.4. Kapabilitas Proses | 35 |
| 4.4.1 Peta Kendali p Univariat Bulan Januari 2015 | 35 |
| 4.4.2 Peta Kendali p Univariat Bulan Januari 2015 | 42 |
| 4.4.3 Penentuan Level Sigma | 50 |
| 4.5. Analisis Jenis Cacat Dominan | 51 |
| 4.6. Faktor Penyebab Cacat | 53 |
| BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1. Kesimpulan | 55 |
| 5.2. Saran..... | 55 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 57 |
| LAMPIRAN | 59 |
| BIODATA PENULIS..... | 69 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|---------|
| Tabel 2.1 Level Sigma Konsep Motorola | 14 |
| Tabel 3.1 Variabel Penelitian pada Proses Pengantongan..... | 22 |
| Tabel 3.2 Struktur Data Jumlah Cacat pada Proses Pengantongan Sak Semen | 23 |
| Tabel 3.3 Struktur Data Proporsi Cacat..... | 23 |
| Tabel 3.4 Skor Bobot Masing-Masing Kelas Cacat | 24 |
| Tabel 4.1 Deskripsi Data Tahap 1 | 27 |
| Tabel 4.2 Nilai Pengamatan Diluar Batas Kendali..... | 30 |
| Tabel 4.3 Deskripsi Data Tahap 2 | 32 |
| Tabel 4.4 Nilai Pengamatan Diluar Batas Kendali..... | 34 |
| Tabel 4.5 Uji Proporsi Berdasarkan Tahap | 34 |
| Tabel 4.6 Nilai DPO,DPMO dan Level Sigma | 51 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 2.1 Contoh Diagram Pareto | 12 |
| Gambar 2.2 Contoh Diagram <i>Ishikawa</i> | 13 |
| Gambar 2.3 Peta Proses Produksi Semen..... | 19 |
| Gambar 2.4 Peta Proses Tahap Pengantongan | 19 |
| Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah Analisis..... | 26 |
| Gambar 4.1 Peta Kendali p Multivariat Tahap I | 29 |
| Gambar 4.2 Perbaikan Peta Kendali p Multivariat Tahap I . | 31 |
| Gambar 4.3 Peta Kendali p Multivariat Tahap 2..... | 33 |
| Gambar 4.4 Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Januari 2015..... | 35 |
| Gambar 4.5 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Januari 2015 | 36 |
| Gambar 4.6 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Januari 2015 | 37 |
| Gambar 4.7 Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor Bulan Januari 2015 | 38 |
| Gambar 4.8 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor Bulan Januari 2015 | 39 |
| Gambar 4.9 Peta Kendali p Kelas Cacat Minor Bulan Januari 2015 | 40 |
| Gambar 4.10 Peta Kendali p Bulan Januari 2015..... | 41 |
| Gambar 4.11 Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Februari 2015 | 42 |
| Gambar 4.12 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Februari 2015 | 43 |
| Gambar 4.13 Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor Bulan Februari 2015..... | 44 |

| | Halaman |
|--|---------|
| Gambar 4.14 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor | |
| Bulan Februari 2015 | 45 |
| Gambar 4.15 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor | |
| Bulan Februari 2015 | 45 |
| Gambar 4.16 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor | |
| Bulan Februari 2015 | 46 |
| Gambar 4.17 Peta Kendali p Kelas Cacat Minor | |
| Bulan Februari 2015 | 47 |
| Gambar 4.18 Peta Kendali p Kelas Cacat Minor | |
| Bulan Februari 2015 | 48 |
| Gambar 4.19 Peta Kendali p Bulan Februari 2015 | 49 |
| Gambar 4.20 Perbaikan Peta Kendali p | |
| Bulan Februari 2015 | 50 |
| Gambar 4.21 Diagram Pareto pada Proses Pengantongan | |
| Semen Tahap 1 | 52 |
| Gambar 4.22 Diagram Pareto pada Proses Pengantongan | |
| Semen Tahap 2 | 52 |
| Gambar 4.23 Diagram Ishikawa Penyebab Cacat Proses | |
| Pengantongan Semen | 53 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|---------|
| Lampiran A1. Data Jenis Cacat Bulan Januari 2015 | 59 |
| Lampiran A2. Data Jenis Cacat Bulan Februari 2015 | 61 |
| Lampiran A3. Data Jenis Cacat Bulan Desember 2014 | 63 |
| Lampiran B1. Data Proporsi Cacat Bulan Januari 2015 | 65 |
| Lampiran B2. Data Proporsi Cacat Bulan Februari 2015 | 66 |
| Lampiran C. Hasil Perhitungan Identifikasi Variabel Penyebab <i>Out of Control</i> | 67 |
| Lampiran D. Data Pengujian Proporsi | 68 |

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semen merupakan bahan perekat yang berbentuk bubuk halus jika ditambahkan air akan terjadi reaksi hidrasi. Hidrasi adalah reaksi terjadinya komponen semen portland dengan air yang dapat mengeras dan mempunyai sifat sebagai perekat (*Bending material*) yang dipakai bersama material lain. Penyusun semen terdiri dari persenyawaan antara kalsium oksida dengan silika, alumina, dan besi oksida.

Seiring semakin besar pertumbuhan penduduk Indonesia dan semakin berkembangnya pembangunan di Indonesia maka semakin tinggi tingkat kebutuhan terhadap semen. Permintaan semen setiap tahun semakin meningkat, oleh karena itu PT Semen Indonesia (Persero) Tbk selalu berupaya untuk memenuhi permintaan konsumen dengan kualitas produk yang baik. Perusahaan yang sadar akan pentingnya mutu atau kualitas tentu akan berusaha melakukan kegiatan pengawasan mutu (*quality control*) didalam proses pembuatan barang dan jasa yang dihasilkannya.

Usaha kegiatan pengawasan mutu tersebut diarahkan untuk memberikan pengawasan kualitas terhadap komponen-komponen, proses pembuatannya serta hasil akhirnya sehingga diperoleh output yang bermutu baik. Pelaksanaan dari kegiatan pengawasan mutu ini tentu saja akan menekan besarnya jumlah barang yang rusak (*defect produk*) didalam proses produksi. Pengantongan semen merupakan tahapan proses akhir yang harus dilalui material sehingga material yang keluar dari pangantongan ini sudah merupakan produk jadi (semen) yang siap dipasarkan. Pada unit proses pengantongan semen di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk masih sering dijumpai beberapa kerusakan kantong sak semen. Dalam proses pengendalian kualitas diharapkan metode statistika dapat memberikan suatu kontribusi. Metode statistik yang dapat digunakan untuk mengontrol dan mengetahui

stabilitas proses produksi adalah peta kendali. Peta kendali merupakan salah satu alat *Statistical Process Control* (SPC) yang memiliki banyak kelebihan dibanding yang lain, diantaranya adalah mampu menyajikan evaluasi performansi proses produksi untuk memperbaiki produktifitas, efektif dalam mendeteksi adanya pergeseran kualitas proses serta informasi mengenai kapabilitas proses.

Pengendalian kualitas statistika merupakan suatu metode untuk mengevaluasi kualitas suatu produk hasil proses produksi dengan menggunakan metode-metode statistik, salah satu metode statistik yang akan digunakan adalah peta kendali (Montgomery, 2009). Analisis yang cocok pada penelitian ini dengan menggunakan peta kendali p multivariat, karena dalam proses pengantongan semen PT Semen Indonesia (Persero) Tbk memiliki klasifikasi karakteristik kualitas kerusakan kantong sak semen yang dikelompokkan terbagi menjadi tiga kelas yaitu kerusakan dikarenakan pembuatan, kerusakan pada waktu pengisian, dan kerusakan waktu transportasi, dimana ketiga kerusakan sak semen tersebut diduga saling berkorelasi sehingga peta kendali yang digunakan yaitu peta kendali p multivariat (Cozzucoli, 2009).

Six sigma adalah sebuah metode yang mengaplikasikan alat-alat statistik dan teknik mereduksi produk gagal agar tidak lebih dari 3,4 produk gagal dari satu juta produk. Dengan kata lain, kondisi tersebut nyaris tanpa cacat. Metode *six sigma* yang digunakan untuk meningkatkan kualitas adalah DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) (Gasperz, 2007).

Penelitian sebelumnya yang membahas pengendalian kualitas dengan metode p multivariat dilakukan oleh Mayananda (2012) di PT. IGLAS (Persero) Gresik, dimana hasilnya peta p multivariat belum terkendali secara statistik dikarenakan 14 pengamatan dari 48 pengamatan berada diluar batas kontrol, Suhartono (2012) di PT. Semen Gresik (persero) Tbk hasilnya peta p multivariat belum terkendali secara statistik dengan level sigma sebesar 3 sigma, Wahyudiono & Khunaizah (2000) hasil laporan

kerja praktek menunjukkan bahwa proses pengemasan sudah terkendali secara statistik, tetapi tidak kapabel karena nilai presisinya rendah.

1.2 Permasalahan

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, selama ini melakukan pengendalian kualitas pada proses pengantongan dengan cara sederhana yaitu dengan menggunakan diagram pareto, dimana informasi yang diperoleh hanya mengidentifikasi jenis cacat yang paling sering terjadi, sehingga tidak dapat diketahui apakah proses produksi sudah terkendali atau belum terkendali, dan belum pernah diketahui nilai level sigma pada proses pengantongan semen PPC 50 kg, oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan evaluasi terhadap hasil proses pengantongan semen dengan menggunakan metode pendekatan six sigma dimana langkah pertama adalah tahap *define* (merumuskan masalah). Jumlah produk yang *reject* pada bulan Desember 2014, sebesar 4,84% atau jika di konversikan ke level sigma menjadi 4,09 sigma, sehingga permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana mengendalikan kualitas proses pengantongan semen PPC 50 kg di Tuban 4 dengan menggunakan diagram p multivariat, dan menentukan level sigma untuk bulan selanjutnya, serta variabel apa saja yang mempengaruhi kualitas proses pengantongan semen PPC 50 kg pada Tuban 4 tidak stabil.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah di atas maka tujuan yang ingin diperoleh adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui proses pengantongan semen PPC 50 kg di Tuban 4 apakah sudah terkendali.
2. Meningkatkan kualitas level sigma proses pengantongan semen PPC 50 kg di Tuban 4.
3. Mengetahui variabel apa saja yang menyebabkan proses tidak stabil pada proses pengantongan semen PPC 50 kg di Tuban 4.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan permasalahan dan tujuan yang telah dipaparkan, manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu sebagai masukan pada PT Semen Indonesia (Persero) Tbk mengenai informasi untuk perbaikan, peningkatan kualitas dan meminimalkan adanya cacat produk pada proses pengantongan semen PPC 50 kg di Tuban 4 yang akan dipasarkan kepada konsumen.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Analisis pengendalian kualitas statistik yang diteliti adalah pada proses pengantongan semen PPC 50 kg di Tuban 4, selama bulan Januari 2015 untuk tahap 1 dan bulan februari untuk tahap 2.
2. Penelitian ini dilakukan hanya sampai pada tahap *analyze*.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Statistika Deskriptif

Statistika deskriptif adalah metode-metode yang berkaitan dengan pengumpulan dan penyajian suatu gugus data hingga memberikan informasi yang berguna (Walpole, 2012). Pengklasifikasian menjadi statistika deskriptif dan statistika inferensia dilakukan berdasarkan aktivitas yang dilakukan. Statistika deskriptif hanya memberikan informasi mengenai data yang dipunyai dan sama sekali tidak menarik inferensi atau kesimpulan apapun tentang gugus induknya yang lebih besar. Sedangkan statistika inferensia merupakan statistik yang digunakan untuk menganalisis data sampel terhadap populasi. Ukuran pemusatan yang banyak digunakan adalah rata-rata dan median. Rata-rata merupakan suatu nilai yang menggambarkan karakteristik pengamatan secara umum. Median merupakan nilai tengah dari suatu pengamatan berada di bawah median dan setengahnya berada di atas nilai median.

2.2 Pengendalian Kualitas Statistika

Pengendalian kualitas statistika merupakan suatu metode untuk mengevaluasi kualitas suatu produk hasil proses produksi dengan menggunakan metode-metode statistik, salah satu metode statistik yang akan digunakan adalah peta kendali (Montgomery, 2013).

Dalam pengendalian kualitas statistika diklasifikasikan menjadi 2 jenis pemeriksaan karakteristik kualitas, yaitu karakteristik kualitas variabel dan karakteristik atribut. Karakteristik kualitas variabel merupakan pemeriksaan kualitas yang diukur secara kuantitatif, contohnya seperti panjang, pH, berat, tinggi dan sebagainya, sedangkan karakteristik kualitas atribut adalah pemeriksaan kualitas produk yang diukur secara kualitatif, yaitu ada dua kemungkinan baik dan buruk, contohnya seperti produk cacat atau tidak cacat dan sebagainya.

Peta kendali variabel ada beberapa macam yang digunakan untuk menganalisis karakteristik kualitas variabel, jika karakteristik kualitas hanya satu maka digunakan peta kendali $\bar{X}-R$, peta $\bar{X}-s$ dan peta individu, tetapi jika karakteristik kualitas lebih dari satu maka digunakan peta kendali T^2 Hotelling. Sedangkan untuk karakteristik kualitas atribut, maka digunakan peta kendali atribut. Peta kendali atribut yang digunakan untuk menganalisis kasus univariat ada beberapa macam, yaitu peta p , peta np , peta c dan peta u , tetapi jika karakteristik atribut lebih dari satu, salah satunya yaitu menggunakan peta kendali p multivariat.

2.2.1 Peta Kendali Multivariat Atribut

Analisis multivariat adalah analisis statistik pada data yang pengamatannya mempunyai lebih dari satu variabel dan antar variabel yang satu dengan yang lain saling berkorelasi (Johnson & Wichern, 2007). Peta kendali multivariat atribut adalah peta kendali yang digunakan ketika terdapat lebih dari satu karakteristik kualitas dalam suatu pemeriksaan dan jenis pemeriksaannya hanya membedakan saja (Mukhopadhyay, 2008).

2.2.2 Peta Kendali p Multivariat

Peta Kendali p multivariat merupakan peta kendali yang mempunyai distribusi acak multinomial dengan parameter (n, p) dimana n adalah ukuran sampel dan p vektor probabilitas, yang digunakan untuk mengevaluasi tingkat cacat, dimana dalam setiap sampel dapat diklasifikasikan dalam $(k+1)$ diurutkan dan kategori kualitas saling bebas tergantung pada tingkat cacat.

Dalam mengevaluasi tingkat cacat keseluruhan peta kendali p multivariat diberikan $D = (D_0, D_1, \dots, D_i, \dots, D_k)$, dimana D_i merupakan kategori tingkat cacat, D_0 kategori bebas cacat dan D_k adalah kategori tingkat cacat yang paling serius, dengan cacat yang berbeda dapat membawa kerugian bagi proses kualitas, maka dengan vector D , dapat didefinisikan sebagai vektor pembobot dari tingkat cacat yang ditemukan dalam produk. Produk yang diklasifikasikan dalam $(k+1)$ kategori

kualitas cacat, dalam hal ini variabel acak multivariat $X = (X_0, X_1, \dots, X_i, \dots, X_k)$ memiliki distribusi multinomial dengan parameter n dan vektor probabilitas $p = (p_0, p_1, \dots, p_i, \dots, p_k)$, sehingga $0 \leq p_i \leq 1$ dan $\sum_{i=0}^k p_i = 1$. Dimana, X_i merupakan jumlah item dalam sampel yang diklasifikasikan dalam kategori cacat D_i , dan p_i adalah proporsi cacat item yang diklasifikasikan sebagai cacat di kelas i .

Peta kendali p multivariat memiliki nilai pembobot sebesar $0 < d_i < 1$, $d_i < d_{i+1}$, $d_0 = 0$ dan $d_1 = 1$, dimana nilai pembobotnya ditentukan oleh besarnya tingkat kepentingan jenis cacat (Cozzucoli, 2009).

Peta kendali p multivariat mempertimbangkan pembobot untuk mengendalikan menaksir tingkat cacat dalam proses, sehingga mengasumsikan jenis cacat berdasarkan tingkat cacat keseluruhan dapat dilihat pada persamaan (2.1).

$$\delta = \sum_{i=0}^k d_i p_i \quad (2.1)$$

dimana:

$d_i =$ vektor pembobot ($0 \leq d_i \leq 1$)

$p_i =$ proporsi cacat pada item kelas cacat ke- i ($0 \leq p_i \leq 1$)

$\delta =$ tingkat cacat keseluruhan ($0 < \delta < 1$)

Untuk memperjelas, karena $0 \leq p_i \leq 1$ dan $0 \leq d_i \leq 1$, indeks diambil antara nilai nol dan satu, yaitu $0 \leq \delta \leq 1$, yang bertujuan untuk mengukur bobot tingkat cacat keseluruhan. Untuk masalah yang serius, indeks diambil minimum ketika semua item yang diproduksi bebas dari cacat; yaitu $\delta = 0$, jika dan hanya jika $p_i = 0$, $i = 1, \dots, k$; atau diambil maksimal ketika item yang diproduksi semua diklasifikasikan dalam kelas cacat maksimum; yaitu $\delta = 1$ jika dan hanya jika $p_k = 1$. Jika dimisalkan $X = (X_0, X_1, \dots, X_i, \dots, X_k)$, diketahui bahwa estimator maximum likelihood dari parameter $p = (p_0, p_1, \dots, p_i, \dots, p_k)$ adalah seperti pada persamaan (2.2).

$$\hat{p}_i = \frac{X_i}{n} \quad (2.2)$$

dimana:

\hat{p}_i = proporsi jenis cacat ke- i

X_i = jumlah cacat ke- i

n = ukuran sampel.

Sehingga, untuk mengendalikan cacat keseluruhan dari parameter δ , dapat menggunakan persamaan berikut ini.

$$\hat{\delta} = \sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \quad (2.3)$$

Nilai ekspektasi dari $\hat{\delta}$ adalah

$$E(\hat{\delta}) = E\left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i\right) = \sum_{i=0}^k E(d_i \hat{p}_i) = \sum_{i=0}^k E(d_i)E(\hat{p}_i) = \sum_{i=0}^k d_i p_i \quad (2.4)$$

Varian dari $\hat{\delta}$ adalah

$$\begin{aligned} Var(\hat{\delta}) &= var\left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i\right) = \sum_{i=0}^k var(d_i \hat{p}_i) = \sum_{i=0}^k var(d_i)var\left(\frac{X_i}{n}\right) \\ &= \sum_{i=0}^k \left[d_i^2 \frac{1}{n^2} np_i(1-p_i) \right] = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^k d_i^2 p_i(1-p_i) \\ &= \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 p_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i p_i \right)^2 \right] \end{aligned} \quad (2.5)$$

dan penaksir varian dari $\sigma^2(\hat{\delta})$ adalah

$$S^2(\hat{\delta}) = \frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \right)^2 \right] \quad (2.6)$$

Berdasarkan Theorema Limit Pusat multivariat, vektor \hat{p} mempunyai $(k+1)$ distribusi normal multivariat, sehingga estimasi δ memiliki distribusi normal, maka dapat diperoleh selang kepercayaan $(1-\alpha)$ untuk statistik sampel cacat keseluruhan sebagai berikut (Gold, 1963).

$$\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \pm \sqrt{\chi_{k,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \quad (2.7)$$

dimana $\chi_{k,\alpha}^2$ adalah batas atas dari distribusi *Chisquare* (χ^2) dengan derajat bebas k.

Pada peta kendali p multivariat vektor $p_0 = (p_{00}, p_{10}, \dots, p_{j0}, \dots, p_{k0})$ tidak diketahui dan perlu diestimasi menggunakan m sampel awal dari ukuran n dari proses terkendali. Misalkan $X_t = (X_{0t}, X_{1t}, \dots, X_{it}, \dots, X_{kt})$, $t = 1, 2, \dots, m$, menjadi m sampel awal dari ukuran n yang diambil pada proses X multinomial dengan parameter (n, p) , sehingga X_{it} adalah jumlah item dalam sample ke- t yang diklasifikasikan dalam kategori cacat D_i . Penaksir parameter tak bias dari p_i sebagai berikut.

$$\hat{p}_i = \frac{1}{m} \sum_{t=1}^m \hat{p}_{it}, i = 0, 1, 2, \dots, k \quad (2.8)$$

dimana $\hat{p}_{it} = \frac{X_{it}}{n}$ dengan $i = 0, 1, \dots, k$; $t = 1, 2, \dots, m$

sehingga nilai batas kendali peta kendali p multivariat sebagai berikut.

$$BKA = \sum_{i=0}^k d_i \bar{p}_i \pm \sqrt{\chi_{k,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \bar{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \bar{p}_i \right)^2 \right]} \quad (2.9)$$

$$\text{Garis Tengah} = \sum_{i=1}^k d_i \bar{p}_i \quad (2.10)$$

$$BKB = \sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \pm \sqrt{\chi_{k,\alpha}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^k d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^k d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \quad (2.11)$$

Batas kendali ini digunakan untuk mengetahui apakah proses dalam keadaan terkendali secara statistik atau tidak. Jika semua titik pengamatan berada didalam batas kendali maka dapat disimpulkan proses dalam keadaan terkendali dan layak

digunakan dalam pengendalian produksi sekarang maupun yang akan datang.

2.2.3 Identifikasi Variabel Penyebab Terjadinya Proses Tidak Terkendali

Proses dikatakan tidak terkendali jika terdapat satu atau beberapa sampel tidak terkendali atau bisa disebut *out off control*, maka perlu dilakukan identifikasi variabel penyebab terjadinya *out off control* tersebut. Identifikasi dilakukan untuk perbaikan proses mencapai sasaran yang telah ditentukan perusahaan. dalam identifikasi penyebab terjadinya proses tidak terkendali, prosedur statistik yang benar berdasarkan satatistik sampel adalah sebagai berikut.

$$Z_t = n_0 n_t \sum_{i=0}^k \frac{(\hat{p}_{it} - \hat{p}_{i0})^2}{X_{it} - X_{i0}} \quad (2.12)$$

dimana:

Z_t = indikator kontribusi relatif dari variabel ke- t

n_0 = ukuran sample periode ke-0

n_t = ukuran sample periode ke- t

\hat{p}_{it} = proporsi variabel ke- i periode ke- t

\hat{p}_{i0} = proporsi variabel ke- i periode ke-0

X_{it} = jumlah cacat ke- i periode ke- t

X_{i0} = jumlah cacat ke- i periode ke-0.

Untuk perbaikan proses difokuskan pada variabel yang memiliki nilai Z_t lebih besar dari $\chi^2_{(k-1),\alpha}$ (Taleb, 2009).

2.2.4 Membandingkan Proporsi Dua Populasi

Untuk membandingkan proporsi cacat dari dua populasi, dimana P_1 adalah proporsi cacat dari populasi satu dan P_2 adalah proporsi cacat dari populasi dua, maka untuk menguji apakah dua populasi tersebut memiliki perbedaan proporsi digunakan uji hipotesis sebagai berikut.

$$H_0 : P_1 = P_2$$

$$H_0 : P_1 \neq P_2$$

statistik uji:

$$Z_{hit} = \frac{\hat{p}_1 - \hat{p}_2}{\sqrt{\hat{p}(1-\hat{p})\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \quad (2.13)$$

dimana,

$$\hat{p} = \frac{n_1\hat{p}_1 + n_2\hat{p}_2}{n_1 + n_2} \quad (2.14)$$

daerah kritis : H_0 di tolak jika $Z_{hit} < Z_{\frac{\alpha}{2}}$ (Montgomery, 2013).

2.2.5 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah kemampuan suatu proses untuk menghasilkan suatu produk/jasa yang sesuai spesifikasi yang diharapkan. Suatu proses dikatakan kapabel jika proses dalam kondisi (Montgomery, 2013):

1. Dalam keadaan terkendali secara statistik
2. Memenuhi batas spesifikasi
3. Tingkat presisi dan akurasi tinggi

Kemampuan proses dapat dinyatakan sebagai prosentase produk yang berada di dalam spesifikasi. Dalam kemampuan proses dapat dilihat dari nilai presisi dan akurasi (Bothe, 1997). Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\hat{P}_p\% = \frac{Z(\bar{p}/2)}{3} = \frac{Z(\bar{p}/2)}{3} \quad (2.15)$$

Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}\% \geq 1$ didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\hat{P}_{PK}\% = \frac{Z(\bar{p}')}{3} = \frac{Z(\bar{p}')}{3} \quad (2.16)$$

Dimana :

$\hat{P}_p\%$ = Indeks potensial proses

$\hat{P}_{PK}\%$ = Indeks performance proses

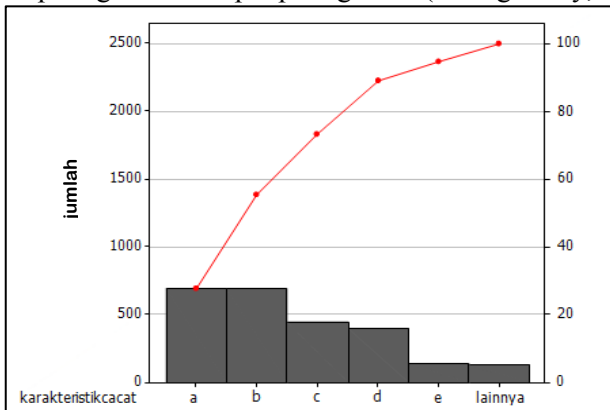
Dalam kapabilitas proses, jika suatu proses mempunyai nilai $\hat{P}\%$:

1. Nilai $\hat{P}\% = (\min [\hat{P}_p; \hat{P}_{pk}]) > 1$ maka batas spesifikasi yang ditentukan perusahaan terletak diluar toleransi alami atau proses dikatakan kapabel dengan tingkat akurasi dan tingkat presisi tinggi.

2. $\hat{P}\% < 1$ batas spesifikasi berada di dalam batas toleransi alami sehingga cukup banyak unit produk cacat yang diproduksi, berarti tingkat akurasi dan tingkat presisi rendah sehingga dikatakan tidak kapabel.
3. Jika suatu proses dalam kondisi *barely manufacturable* (nilai $\hat{P}\% = 1$) maka batas spesifikasi perusahaan akan berimpit dengan batas toleransi alami. Ini berarti tidak ada unit produk cacat yang diproduksi pada kedua kondisi ini.

2.3 Diagram Pareto

Diagram pareto merupakan salah satu dari tujuh alat SPC yang digunakan untuk melakukan perbaikan kualitas. Diagram pareto berbentuk histogram frekuensi yang menjelaskan cacat berdasarkan penyebab ketidaksesuaian dan diurutkan mulai dari frekuensi paling besar sampai paling kecil (Montgomery, 2013).



Gambar 2.1 Contoh Diagram Pareto

Secara visual diagram pareto dapat digambarkan seperti pada Gambar 1 yaitu variabel yang diutamakan dalam perbaikan proses adalah variabel yang paling banyak menyebabkan proses tidak terkendali. Prinsip diagram pareto adalah penyebab terjadinya tidak terkendali paling banyak disebabkan sebagian kecil dari masalah dan sisanya disebabkan banyak masalah.

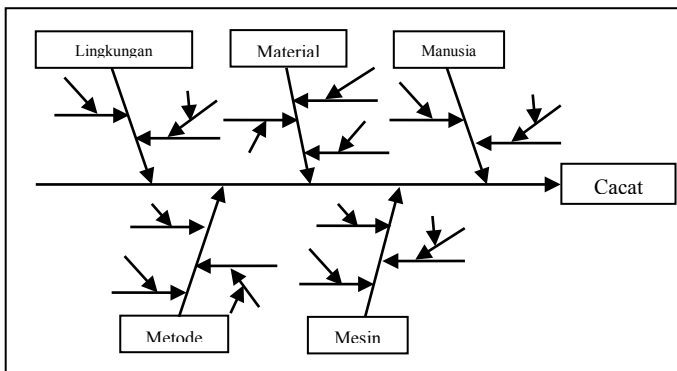
2.4 Diagram *Ishikawa*

Diagram *Ishikawa* disebut juga diagram sebab akibat atau diagram tulang ikan. Diagram *ishikawa* digunakan untuk melukiskan dengan jelas berbagai sumber ketidaksesuaian dalam produk (Montgomery, 2013). Sehingga dapat diartikan bahwa diagram *ishikawa* merupakan suatu grafik yang menggambarkan hubungan antara masalah atau akibat dengan faktor-faktor yang menjadi penyebabnya.

Manfaat diagram *ishikawa* adalah agar dapat mengidentifikasi sebab terjadinya masalah dan membantu mengantisipasi timbulnya suatu masalah. Ada beberapa ciri dari diagram *Ishikawa*, yakni sebagai berikut :

1. Menggambarkan hubungan antara masalah dengan faktor yang menjadi penyebab masalah atau sebagai alat untuk menelusuri terjadinya masalah sehingga mengetahui faktor-faktor yang menjadi penyebab kerusakan/kecacatan.
2. Penyebab terjadinya masalah dirumuskan 4M + 1L yaitu Manusia, Material, Metode, Mesin dan Lingkungan.
3. Jika terjadi masalah, maka cari akar permasalahan, dengan diagram sebab akibat. Akar permasalahan dapat diketahui jika pertanyaan “mengapa” sudah tidak bisa dijawab.

Secara visual diagram *ishikawa* dapat digambarkan seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Contoh Diagram Ishikawa

2.5 Six Sigma

Six sigma adalah sebuah proses yang mengaplikasikan alat-alat statistik dan teknik mereduksi produk gagal sampai didefinisikan tidak lebih dari 3,4 produk gagal dari satu juta produk. Menurut Gaspersz (2007), *Six sigma* merupakan suatu metode pengendalian dan peningkatan kualitas yang diterapkan oleh perusahaan Motorola sejak tahun 1986, yang merupakan hal baru dalam bidang manajemen kualitas. *Six sigma* dikendalikan oleh pemahaman yang kuat terhadap kebutuhan konsumen dengan menggunakan fakta, data, dan analisis statistik serta terus menerus memperhatikan pengaturan, perbaikan dan mengkaji ulang proses usaha.

Tujuan dari *Six Sigma* adalah untuk mengurangi variasi pada *output* sehingga tidak akan melampaui enam standard deviasi (*Six Sigma*) antara rata-rata (*mean*) dan batas spesifikasi terdekat. Apabila tercapai, maka *Six Sigma* akan dapat memastikan bahwa keseluruhan proses produksi berjalan pada efisiensi yang optimal. Konsep *six sigma* yang dikembangkan Motorola berasumsi pada kondisi proses yang mengikuti distribusi normal tetapi yang mengizinkan rata-rata (*mean*) proses bergeser 1,5 sigma dari nilai spesifikasi target kualitas yang diinginkan konsumen, dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Level Sigma Konsep Motorola

| Spec Limit | Percent | DPMO |
|------------|----------|--------|
| ± 1 SIGMA | 30,23 | 697700 |
| ± 2 SIGMA | 69,13 | 308700 |
| ± 3 SIGMA | 93,32 | 66810 |
| ± 4 SIGMA | 99,379 | 6210 |
| ± 5 SIGMA | 99,9767 | 233 |
| ± 6 SIGMA | 99,99966 | 3,4 |

Metode pendekatan *six sigma* yang paling umum digunakan sekarang adalah DMAIC (*Define* – mendefinisikan, *Measure* – mengukur, *Analyze* – menganalisis, *Improve* – memperbaiki, *Control* – mengendalikan). Siklus 5 fase DMAIC

ini merupakan proses peningkatan terus menerus menuju target *six sigma*. Berikut ini definisi dari masing-masing fase DMAIC.

1. *Define* merupakan langkah pertama dalam metode *Six Sigma*. Langkah ini mengidentifikasi secara formal sasaran peningkatan proses yang konsisten dengan permintaan atau kebutuhan konsumen dan strategi perusahaan dalam proses yang sedang berlangsung.
2. *Measure* merupakan langkah lanjut dari langkah *Define* yaitu mengukur kinerja proses pada saat sekarang (*baseline measurements*) agar dapat dibandingkan dengan target yang ditetapkan.
3. *Analyze* yang digunakan untuk menganalisis hubungan sebab-akibat berbagai faktor yang dipelajari untuk mengetahui faktor-faktor dominan yang perlu dikendalikan. Diantaranya yaitu menerapkan *control chart*. Pada tahap ini digunakan untuk mengetahui seberapa baik proses yang berlangsung dan mengidentifikasi permasalahan yang mungkin menjadi penyebab dengan menggunakan diagram sebab akibat. Sedangkan, Untuk mengetahui seberapa baik proses berlangsung, maka menghitung nilai indeks yaitu Indeks Kemampuan Proses (*Process Capability Index*) dan menetapkan nilai level sigma.
4. *Improve* merupakan tahap dilakukan pengoptimasian proses dengan membuat solusi-solusi khusus yang kemudian diterapkan pada proses produksi, yang berdasarkan pada hasil analisis menggunakan *statistical tool*.
5. *Control* yaitu melakukan pengendalian terhadap proses secara terus menerus untuk meningkatkan kapabilitas proses menuju target *six sigma*. Dan perlu adanya pengawasan untuk meyakinkan bahwa hasil-hasil yang diinginkan sedang dalam proses pencapaian.

Untuk mengetahui perbaikan proses selama proses berlangsung dan menentukan level sigma, maka dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Gaspersz, 2002).

$$DPO = \frac{\text{Jumlah cacat yang diinspeksi}}{\text{Jumlah produk yang diproduksi} \times D0} \quad (2.17)$$

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (2.18)$$

$$Level\ Sigma = z \left(\frac{1.000.000 \times DPMO}{1.000.000} \right) + 1,5 \quad (2.19)$$

2.6 Proses Produksi Semen

Proses produksi semen di PT. Semen Indonesia (persero) Tbk untuk menghasilkan semen melewati beberapa tahap yaitu sebagai berikut.

1. Penyediaan Bahan Mentah

Penyediaan bahan mentah ini dibagi menjadi tiga, bahan baku pertama berupa batu kapur dan tanah liat, bahan kedua berupa pasir besi dan pasir silika, serta bahan ketiga berupa *gypsum* dan bahan pendukung lain. Bahan-bahan tersebut akan dipecah dengan mesin *Crusher* untuk menghasilkan bebatuan dengan ukuran yang sesuai persyaratan. Lalu bahan baku akan dikenai proses *pre-blending* dan pra-homogenisasi yang bertujuan untuk memperoleh material yang lebih homogen, selanjutnya bahan baku akan diletakkan di *storage* sebelum dimasukkan ke (*Raw Mill*).

2. Penggilingan Bahan Mentah

Pada proses ini, seluruh bahan baku akan masuk ke *raw mill* melalui *feeder-feeder* untuk kemudian digiling menjadi bentuk serbuk halus dengan ukuran maksimum 90 micron dan kadar air 1% yang dikenal sebagai *raw meal*. Untuk proses pengeringan bahan baku dilakukan dengan memakai gas sisa pembakaran dari *kiln*.

Selanjutnya, *raw meal* akan dimasukkan ke *blending silo*, sesuai dengan namanya, *silo* ini selain digunakan untuk menyimpan *raw meal* juga digunakan untuk mencampur *raw meal* hingga homogen sebelum dibakar dalam *kiln*. Jadi ketika *raw meal* diisikan kedalam *silo*, *raw meal* akan masuk dan membentuk lapisan-lapisan dengan komposisi kimia yang kurang seragam sehingga material yang terdapat di dalam *silo* ini harus dihomogenkan (*blending*).

Jika *raw meal* tidak homogen, maka pengaruhnya pada operasi *kiln* yaitu proses pembakarannya tidak stabil,

pembentukan *ring* (cincin) di *kiln*, kebutuhan bahan bakar tinggi, pembentukan *coating* tidak stabil, *life time brick* akan rendah dan mengurangi *output kiln*.

3. Pembakaran

Pembakaran *raw meal* ini dilakukan di *kiln*, namun sebelum *raw meal* masuk ke *kiln*, bahan baku tersebut terlebih dahulu melewati *preheater* yang merupakan alat untuk melakukan pemanasan awal. Pemanasan awal *raw meal* ini diperlukan untuk menghemat panas saat pembakaran di *kiln*. Proses pemanasan awal di *preheater* ini memiliki 4 *cyclone* bertingkat yang suhunya bertingkat pula mulai dari $\pm 330^{\circ}\text{C}$, $\pm 540^{\circ}\text{C}$, $\pm 720^{\circ}\text{C}$, dan $\pm 840^{\circ}\text{C}$.

Setelah melewati *preheater*, *raw meal* akan masuk ke *rotary kiln*, di dalam *kiln* ini terjadi proses kimia *raw meal* atau *clinkerisasi* yang terjadi melalui pembakaran pada suhu 1450°C . Pembakaran dilakukan dengan *fire burner* yang berbahan bakar batu bara, *industrial diesel oil* cair (IDO), gas alam atau bahan bakar sintetis.

Produk keluaran *kiln* ini disebut *clinker* atau yang lebih dikenal dengan terak. *Clinker* yang masih panas ini selanjutnya akan didinginkan secara mendadak dalam *cooler*. Pendinginan ini bertujuan untuk menjaga kualitas *clinker* dengan menghindari disosiasi C3S menjadi C2S serta untuk *safety* ketika pemindahan maupun penyimpanan.

4. Penggilingan Akhir

Setelah keluar dari *cooler*, *clinker* ini disimpan di *clinker storage* atau dijual ke pabrik semen yang lain sebagai bahan baku semen. Untuk *clinker* yang disimpan, selanjutnya *clinker* dibawa menuju *cement mill* untuk dilakukan penggilingan dengan *gypsum* serta material tambahan lainnya. Biasanya komposisi penggilingan ini adalah $\pm 96\%$ *clinker* dan dari $\pm 4\%$ *gypsum*.

Proses pencampuran bahan di *cement mill* ini yang nantinya akan menentukan jenis semen yang di produksi. Setelah proses di *cement mill* berakhir semen akan dibawa

menuju *silo* sesuai dengan jenisnya. *Silo* ini merupakan tempat penyimpanan semen jadi yang siap dikemas dalam *bag* maupun curah/*bulk*.

5. Pengantongan/Pengemasan

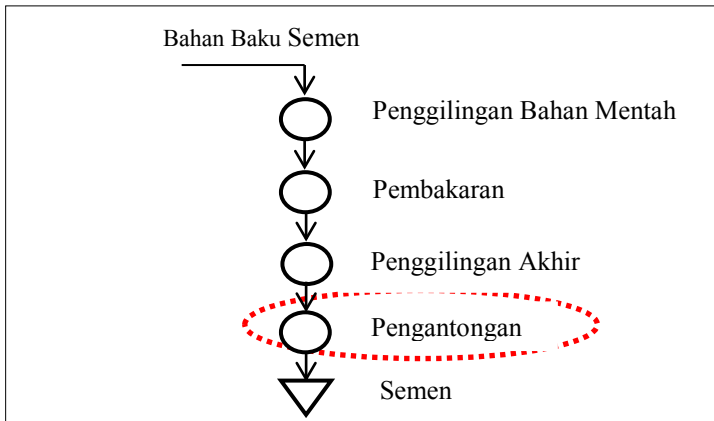
Semen yang akan di *release* ke konsumen dapat berupa dalam kemasan *bag/sak* maupun curah. Untuk semen dalam bentuk *bag/sak*, pengantongan atau pengemasan dilakukan dengan mesin yang bernama *packing machine*. Setelah dikemas dalam kantong, semen akan diangkut menggunakan truk untuk dikirim langsung ke gudang penyangga atau distributor. Namun dapat juga diangkut menggunakan truk lalu dibawa ke pelabuhan untuk selanjutnya dimuat menggunakan kapal menuju daerah pemasaran yang cukup jauh atau luar pulau.

Pada proses pengantongan *bag/sak* semen dilakukan setelah semen yang berada di *Silo* dimasukkan ke *bucket elevator*, dalam *bucket elevator* dilakukan *Vibrating screen* digunakan sebagai alat saring untuk membuang material kasar yang bercampur semen sebelum masuk ke *air slide*. Selanjutnya masuk pada *bin central* untuk dilakukan pengadukan agar bercampur dengan merata. Setelah melewati *bin central* akan masuk dalam *packing machine* atau *roto packer* pada proses ini, sebuah mesin yang digunakan untuk pengantong semen secara otomatis. Semen yang sudah dikemas, kemudian disortir dan dicari penyebab cacat. Semen yang cacat akan di arahkan ke mesin *cutter* sehingga semen jatuh di *air slide* dan kembali ke *bucket elevator*. Selanjutnya semen yang sudah terisi dilanjutkan dengan alat transportasi berbentuk sabuk dan digerakkan oleh motor yaitu *belt conveyor*. Setelah semen per sak jatuh di truk, para sopir memeriksa semen pesannya. Apabila ada yang cacat atau sobek, semen akan dikembalikan dan diganti yang baru.

Sementara itu, untuk semen curah biasanya diangkut ke pelabuhan untuk dimuat kapal dan dikirim ke *packing plant* di

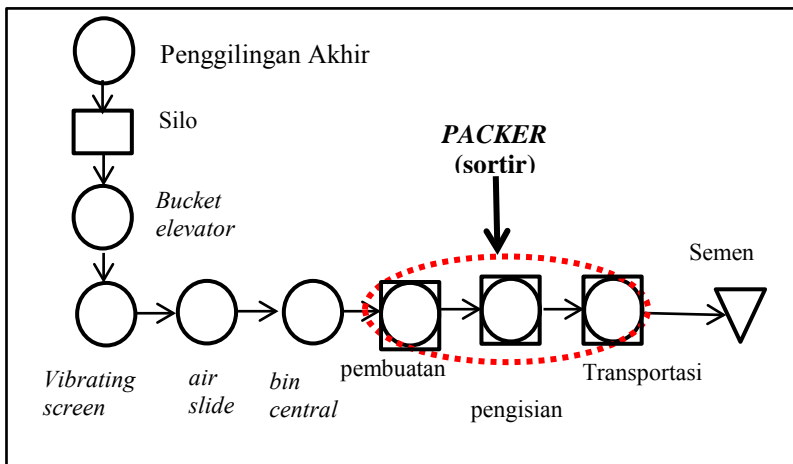
wilayah lain. Atau pun juga dimuat truk khusus untuk langsung dikirimkan ke konsumen yang biasanya berupa proyek-proyek pembangunan besar.

Peta proses produksi pembuatan semen dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Peta Proses Produksi Semen

Peta proses pengantongan semen adalah sebagai berikut.



Gambar 2.4 Peta Proses Tahap Pengantongan

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Pengambilan Sampel

Sesuai dengan tahapan DMAIC, *measure* adalah tahap untuk pengumpulan data dimana data yang dikumpulkan adalah data kerusakan proses pengantongan semen PPC 50 kg di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Tuban 4 pada bagian *packer*, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.4. Penelitian ini dibagi menjadi dua tahap, tahap 1 digunakan untuk mendapatkan pengamatan yang berada dalam batas kendali dan tahap 2 digunakan untuk memonitoring produksi selanjutnya. Data pada tahap 1 dikumpulkan bulan Januari 2015 dan tahap 2 bulan februari 2015. Data *release packer bag* tercatat setiap hari, sehingga subgrup yang digunakan adalah hari.

3.2 Variabel Penelitian

Dalam six sigma, indentifikasi variabel merupakan tahap *measure*. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini (dalam six sigma disebut CTQ) adalah jenis kerusakan/cacat pada proses pengantongan semen PPC 50 kg. Klasifikasi karakteristik jenis cacat pada pengantongan semen dikelompokkan menjadi tiga kelas antara lain sebagai berikut.

1. Kerusakan dikarenakan pembuatan (Kritis)

Kerusakan dikarena pembuatan adalah kerusakan/cacat yang mengakibatkan *bag/sak* semen pecah dikarenakan bahan baku *bag/sak* yang tidak memenuhi standar. Seperti: lem, valver dan kertas.

2. Kerusakan pada waktu pengisian (Mayor)

Kerusakan pada waktu pengisian adalah kerusakan/cacat yang mengakibatkan *bag/sak* semen pecah dikarenakan mesin proses pengisian yang macet dan mesin aus. Seperti : PM, BR dan Belt To.

3. Kerusakan waktu transportasi (Minor)

Kerusakan waktu transportasi merupakan kerusakan/cacat yang mengakibatkan *bag/sak* semen pecah dikarenakan pada waktu penyaluran semen siap dipasarkan melalui *Belt Conveyor* sampai pada truk pengangkut semen. Seperti : BC-4, BC-5, Kertas dan Truk.

Karakteristik kualitas atribut yang diukur dari masing-masing kelas dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian Pada Proses Pengantongan

| Kelas Cacat | Karakteristik Kualitas | Keterangan |
|-------------|------------------------|--|
| Kritis | Lem | Kurangnya lem pada sak semen |
| | Volver | Kerusakan lubang (kurang rata) untuk pemasukan semen |
| | Kertas | Adanya lubang/sobek pada sak semen (kualitas kertas jelek) |
| Mayor | PM | Adanya kerusakan lubang/sobek pada sak semen waktu operasional <i>Packer Machine</i> |
| | BR | Adanya ruangan kosong pada sak semen waktu operasional belt rotary |
| | Belt To | Adanya lubang pada sak semen waktu operasional Belt to (tidak rapi dan terdapat lubang) |
| Minor | BC-4 | Adanya lubang/sobek pada sak semen waktu operasional <i>Bin Central 4</i> |
| | BC-5 | Adanya lubang/sobek pada sak semen waktu operasional <i>Bin Central 5</i> |
| | Kertas | Pada truk sak semen rusak karena tipis dan tidak kedap air dan udara |
| | Truk | Adanya sobek pada sak semen waktu operasional <i>Bak</i> truk (kondisi truk kotor atau ada benda yang dapat merusak sak semen) |

Adapun struktur data dari penelitian tentang jenis kerusakan yang terdapat pada produksi pengantongan sak semen dapat dilihat pada Tabel 3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Struktur Data Jumlah Cacat Pada Proses Pengantongan Sak Semen

| Pengamatan (t) | Subgrup | Jenis Cacat (i) | | | | | Jumlah Cacat (X_t) |
|-------------------|----------|-----------------|------------|------------|----------|-------------|---------------------------|
| | | 0 | 1 | 2 | ... | 10 | |
| 1 | n_1 | $x_{0,1}$ | $x_{1,1}$ | $x_{2,1}$ | ... | $x_{10,1}$ | x_1 |
| 2 | n_2 | $x_{0,2}$ | $x_{1,2}$ | $x_{2,2}$ | ... | $x_{10,2}$ | x_2 |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| 30 | n_{30} | $x_{0,30}$ | $x_{1,30}$ | $x_{2,30}$ | ... | $x_{10,30}$ | x_{30} |

dari jumlah cacat pada proses pengantongan sak semen diatas dikelompokkan berdasarkan kelas cacat, sehingga diperoleh proporsi cacat untuk masing-masing kelas cacat pada Tabel 3.3 sebagai berikut.

Tabel 3.3 Struktur Data Proporsi Cacat

| Pengamatan (t) | Kelas Cacat (i) | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | Baik | Cacat | | |
| | | Kritis | Mayor | Minor |
| | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 1 | \hat{p}_{01} | \hat{p}_{11} | \hat{p}_{21} | \hat{p}_{31} |
| 2 | \hat{p}_{02} | \hat{p}_{12} | \hat{p}_{22} | \hat{p}_{32} |
| 3 | \hat{p}_{03} | \hat{p}_{13} | \hat{p}_{23} | \hat{p}_{33} |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| i | \hat{p}_{0i} | \hat{p}_{1i} | \hat{p}_{2i} | \hat{p}_{3i} |
| \vdots | \vdots | \vdots | \vdots | \vdots |
| m | \hat{p}_{0m} | \hat{p}_{1m} | \hat{p}_{2m} | \hat{p}_{3m} |
| $\bar{\hat{p}}_i$ | $\bar{\hat{p}}_0$ | $\bar{\hat{p}}_1$ | $\bar{\hat{p}}_2$ | $\bar{\hat{p}}_3$ |

keterangan:

n_t = Jumlah sampel pengamatan ke-t

x_{it} = Jumlah jenis cacat ke-i pengamatan ke-t

x_t = Jumlah cacat pengamatan ke-t

\hat{p}_{it} = Proporsi jumlah cacat ke-i pengamatan ke-t

$\bar{\hat{p}}_i$ = Rata-rata proporsi kelas cacat ke-i

Karena setiap kelas cacat memiliki efek yang berbeda maka perlu dilakukan pembobotan. Pembobotan dilakukan dengan memberi skor bobot yaitu nilai 1 hingga 5 untuk masing-masing tingkat jenis cacat dan bobot tersebut sudah sesuai dengan kebijakan perusahaan, sehingga diperoleh hasil sebagai berikut.

Tabel 3.4 Skor Bobot Masing-Masing Kelas Cacat

| Kelas Cacat | Jenis Cacat | Skor (1-5) | Jumlah Skor | Bobot (%) |
|-------------|-------------|------------|-------------|-----------|
| Kritis | Lem | 5 | 14 | 40 |
| | Volver | 5 | | |
| | Kertas | 4 | | |
| Mayor | PM | 4 | 12 | 35 |
| | BR | 4 | | |
| | Belt To | 4 | | |
| Minor | Bc-4 | 1 | 8,5 | 25 |
| | Bc-5 | 2 | | |
| | Kertas | 2.5 | | |
| | Truk | 3 | | |
| Total | | | 34,5 | 100 |

3.3 Langkah Analisis

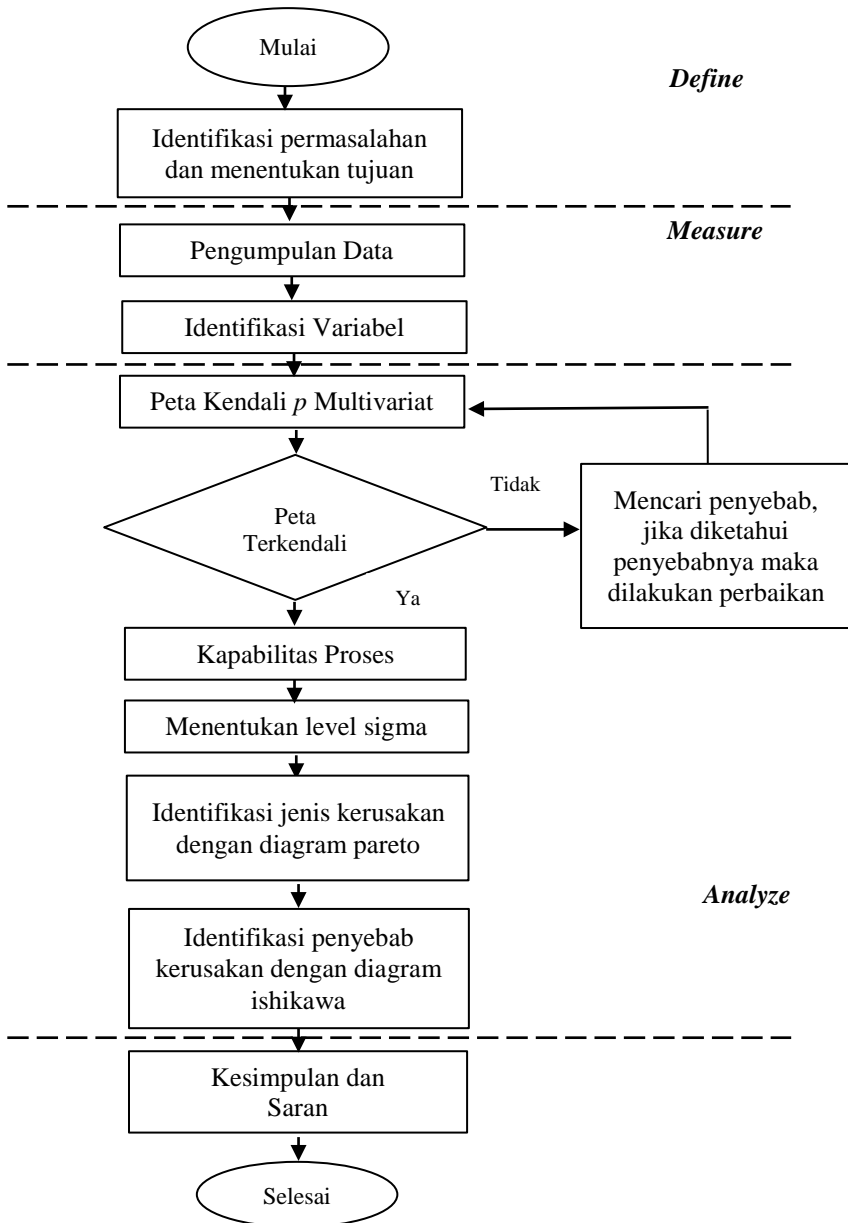
Langkah-langkah analisis dalam menganalisis data dengan pendekatan *six sigma* adalah sebagai berikut.

1. Tahap *define*, yaitu sebagai tahap awal penelitian mendefinisikan permasalahan dan menentukan tujuan, telah diuraikan dalam sub bab 1.2.
2. Tahap *measure*, didefinisikan sebagai tahap pengukuran data sekunder pada bulan januari 2015 untuk tahap 1 dan bulan februari 2015 untuk tahap 2 di ambil di PT Semen Indonesia

(Persero) Tbk dan menentukan variabel kerusakan kantong, telah diuraikan dalam sub bab 3.1 dan 3.2.

3. Tahap *analyze*, yaitu merupakan tahap untuk mencapai tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, langkahnya sebagai berikut.
 - a. Mengidentifikasi proses pengantongan dari data kerusakan kantong sak semen dengan menggunakan peta kendali p multivariat.
 - b. Pada proses yang tidak terkendali maka dicari penyebabnya, jika diketahui penyebab maka dilakukan perbaikan.
 - c. Jika peta kendali p multivariat sudah terkendali pada tahap 1 maka dilakukan pengambilan data untuk tahap 2.
 - d. Melakukan pengendalian kualitas data tahap 2 dengan langkah hampir sama dengan analisis pada data tahap 1 langkah ke-2 dan ke-3.
 - e. Menentukan indeks kapabilitas proses terhadap data pengukuran terhadap variabel karakteristik kualitas kerusakan kantong sak semen yang dikelompokkan terbagi menjadi tiga kelas yaitu kritis, mayor dan minor, jika pada peta kendali p telah terkendali.
 - f. Menentukan level sigma.
 - g. Membuat diagram pareto, untuk mengetahui jenis kerusakan yang paling banyak terjadi dalam proses pengantongan semen.
 - h. Membuat diagram *ishikawa*, untuk mengidentifikasi penyebab terjadinya kerusakan kantong sak semen.
4. Memberikan kesimpulan dari hasil analisis pada proses pengantongan semen sak PPC ukuran 50 kg di Tuban 4 dan memberikan usulan perbaikan kepada PT. Semen Indonesia (persero) Tbk.

Langkah-langkah analisis secara skematik dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Langkah Analisis

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan permasalahan dan tujuan yang telah dipaparkan, analisis dan pembahasan terdiri dari statistika deskriptif, peta kendali p multivariat, level sigma, diagram pareto serta diagram *ishikawa* dari jenis cacat pada proses pengantongan semen Tuban 4 di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk yang merupakan tahap *Analyze* pada metode DMAIC. Hasil analisis dan pembahasan dapat dilihat sebagai berikut.

4.1 Analisis Statistika pada Tahap 1

Analisis data tahap 1 proses pengantongan semen pada tanggal 1 s/d 31 Januari 2015, dimana hasil pengamatan dapat dilihat pada lampiran A1. Analisis data yang digunakan yaitu peta kendali p multivariat. Berikut hasil analisis pada tahap 1.

4.1.1 Deskripsi Data

Deskripsi data digunakan untuk melihat karakteristik jenis cacat pada proses pengantongan semen Tuban 4. Untuk hasil deskripsi data cacat pada tahap 1 semen PPC 50 Kg bulan Januari 2015, dimana jumlah sampel yang digunakan sebanyak 2.806.210 kantong dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Deskripsi Data Tahap 1

| Kelas Cacat | Jenis Cacat | Jumlah Cacat |
|-------------|-------------|--------------|
| Kritis | Lem | 1.805 |
| | Valver | 500 |
| | Kertas | 4 |
| Mayor | PM | 725 |
| | Belt To | 429 |
| | BR | 3 |
| Minor | BC-4 | 12 |
| | BC-5 | 18 |
| | Truck | 0 |
| | Kertas | 759 |

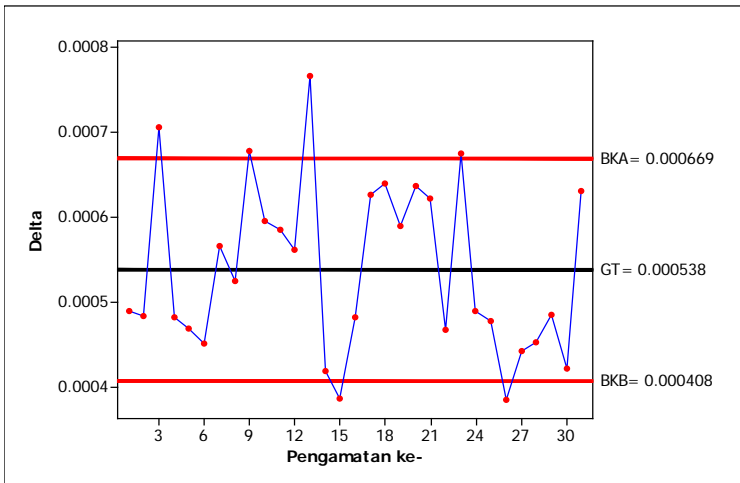
Berdasarkan Tabel 4.1, dapat diketahui bahwa tahap 1 jumlah sampel yang diambil sebanyak 2.806.210, dimana jumlah cacat yang paling banyak berasal dari kelas cacat kritis yaitu cacat lem sebanyak 1.805 kantong dan cacat kertas yaitu sebanyak 759 kantong, ini berarti bahwa sering terdapat cacat lem dan cacat kertas dalam proses pengantongan semen. Sedangkan, jumlah cacat yang paling sedikit atau jarang terjadi berasal dari kelas cacat minor dengan cacat truk sebanyak 0 kantong, ini berarti bahwa tidak terdapat cacat truk dalam proses pengantongan semen bulan Januari 2015.

4.1.2 Peta Kendali p Multivariat

Evaluasi proses tahap 1 bertujuan untuk mengidentifikasi *multivariate outlier* sehingga, nilai batas kendali dari evaluasi proses tahap 1 digunakan untuk evaluasi proses tahap 2. Dalam peta p multivariat pada tahap 1, menggunakan data jenis cacat proses pengantongan semen PPC 50 Kg pada bulan Januari 2015. Pada tahap 1 diperoleh pengamatan sebanyak 31 subgrup, sesuai dengan metode peta p multivariat, terdapat nilai pembobot yang ditentukan berdasarkan klasifikasi kelas cacat seperti pada Tabel 3.4, maka setiap variabel dimasukkan kedalam klasifikasi kelas kritis, mayor dan minor untuk memperoleh nilai statistik $\hat{\delta}$ yang kemudian dapat diperoleh peta p multivariat pada tahap 1 dengan perhitungan batas kendali sesuai dengan persamaan (2.9), (2.10), (2.11) dan lampiran B1 diperoleh hasil sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 BKA &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i + \sqrt{\chi_{3;0,05}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\
 &= 0,000538 + 2,796 \sqrt{\frac{1}{90523} \left[(0,000198) - (0,00538)^2 \right]} \\
 &= 0,000669 \\
 GT &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i = 0,00538
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BKB &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i - \sqrt{\chi_{3;0,05}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\
 &= 0,000538 - 2,796 \sqrt{\frac{1}{90523} [(0,000198) - (0,00538)^2]} \\
 &= 0,000408
 \end{aligned}$$



Gambar 4.1 Peta Kendali p Multivariat Tahap 1

Gambar 4.1 merupakan peta kendali p multivariat tahap 1, terdapat 6 titik pengamatan yang berada diluar batas kendali yaitu pada titik pengamatan ke- 3, 9, 13, 15, 23, dan 26. Hal ini menunjukkan bahwa data cacat pada proses pengantongan tahap 1 belum terkendali secara statistik, dikarenakan *reducer* sebagai penggerak belt conveyor macet dan beban terlalu berat karena permintaan konsumen yang terlalu banyak sehingga mengakibatkan *cubicle/stop* kontak mati, metode pembuatan kantong semen salah, mesin yang sudah aus sehingga mengakibatkan banyak semen yang pecah, dan pekerja yang kurang fokus/hati-hati dalam proses pengantongan semen. Berikut

nilai pengamatan yang berada diluar batas kendali dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Nilai Pengamatan Diluar Batas Kendali

| Pengamatan | Nilai $\hat{\delta}$ |
|------------|----------------------|
| 3 | 0,000706 |
| 9 | 0,000678 |
| 13 | 0,000766 |
| 15 | 0,000386 |
| 23 | 0,000676 |
| 26 | 0,000386 |

Tabel 4.2 menunjukkan nilai pengamatan yang tidak terkendali, sehingga langkah selanjutnya dilakukan identifikasi penyebab terjadinya tidak terkendali, dengan cara menghitung nilai Z_i seperti pada persamaan 2.12, untuk mengetahui variabel penyebab terjadinya tidak terkendali seperti terlihat pada Lampiran C, hasil kesimpulan perhitungan Z_i , dengan tingkat signifikan sebesar 0,05 dapat diketahui nilai $\chi^2_{(k-1),\alpha} = 16,919$, maka tidak ada variabel penyebab terjadinya tidak terkendali dikarenakan nilai $Z_i < 16,919$.

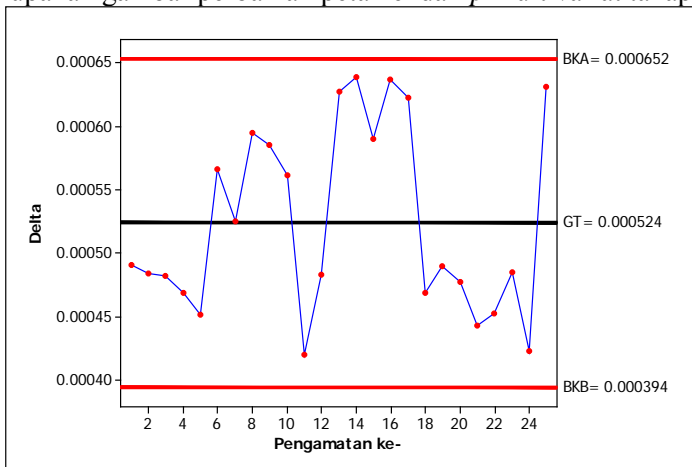
Andaikata jika pengamatan *out of control* dibuang karena faktor yang diketahui, maka keenam pengamatan tersebut dihilangkan atau dieliminasi sampai proses dalam keadaan terkendali, sehingga dapat diperoleh perhitungan batas kendali yang baru yaitu sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 BKA &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i + \sqrt{\chi^2_{3;0,05}} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\
 &= 0,000524 + 2,796 \sqrt{\frac{1}{90523} [(0,000192) - (0,00524)^2]} \\
 &= 0,000652
 \end{aligned}$$

$$GT = \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i = 0,00538$$

$$\begin{aligned} BKB &= \sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i - \sqrt{\chi_{3;0,05}^2} \sqrt{\frac{1}{n} \left[\left(\sum_{i=0}^3 d_i^2 \hat{p}_i \right) - \left(\sum_{i=0}^3 d_i \hat{p}_i \right)^2 \right]} \\ &= 0,000524 - 2,796 \sqrt{\frac{1}{90523} \left[(0,000192) - (0,00524)^2 \right]} \\ &= 0,000394 \end{aligned}$$

setelah diperoleh batas kendali baru tanpa titik pengamatan ke- 3, 9, 13,15, 23 dan 26, diketahui bahwa batas kendali atas adalah 0,000652, garis tengah adalah 0,000524 dan batas kendali bawah adalah 0,000394, dari batas kendali tersebut, titik-titik pengamatan berada diantara batas kendali. Hal ini menunjukkan bahwa pada hasil peta kendali p multivariat tahap 1 data cacat pada proses pengantongan semen sudah terkendali secara statistik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.2 merupakan gambar perbaikan peta kendali p multivariat tahap 1.



Gambar 4.2 Perbaikan Peta Kendali p Multivariat Tahap 1

4.2 Analisis Statistika pada Tahap 2

Analisis Statistika tahap 1 didapatkan hasil analisis peta kendali sudah terkendali secara statistik. Untuk mengetahui kestabilan proses pengantongan semen atau ada pergesaran proses maka dilakukan analisis statistika pada tahap 2 dengan menggunakan data tanggal 1 s/d 28 Februari 2015. Hasil analisisnya sebagai berikut.

4.2.1 Deskripsi Data

Hasil deskripsi data cacat pada tahap 2 semen PPC 50 Kg bulan Februari 2015 dapat dilihat pada Tabel 4.3, dimana sampel digunakan sebanyak 2.312.675 kantong, dari Tabel 4.3 diketahui bahwa pada tahap 2 jumlah cacat yang paling banyak sama seperti tahap 1, yaitu dari kelas cacat kritis yaitu cacat lem sebanyak 1.440 kantong dan yang kedua kelas cacat mayor yaitu cacat PM yaitu sebanyak 684 kantong, ini berarti sering terdapat cacat lem dan cacat PM dalam proses pengantongan semen, Sedangkan, jumlah cacat yang paling sedikit atau jarang terjadi berasal dari kelas cacat minor dengan cacat truk sebanyak 0 kantong, ini berarti bahwa tidak terdapat cacat truk dalam proses pengantongan semen bulan Februari 2015.

Tabel 4.3 Deskripsi Data Tahap 2

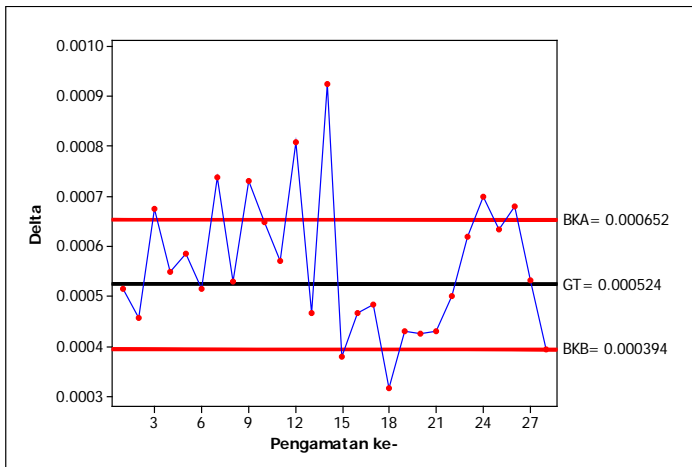
| Kelas Cacat | Jenis Cacat | Jumlah Cacat |
|-------------|-------------|--------------|
| Kritis | Lem | 1.440 |
| | Valver | 452 |
| | Kertas | 0 |
| Mayor | PM | 684 |
| | Belt To | 381 |
| | BR | 3 |
| Minor | BC-4 | 16 |
| | BC-5 | 26 |
| | Truck | 0 |
| | Kertas | 621 |

4.2.2 Peta Kendali p Multivariat

Pada tahap 2 dilakukan monitoring kembali untuk pengamatan selanjutnya dengan menggunakan nilai batas kendali

yang diperoleh dari tahap 1. Peta kendali p multivariat tahap 2 diperoleh pengamatan sebanyak 28 subgrup. Berdasarkan perhitungan nilai statistik $\hat{\delta}$ pada tahap 2 sama seperti tahap 1, namun nilai batas kendali menggunakan nilai batas kendali peta kendali p multivariat dalam keadaan terkendali pada tahap 1, didapatkan peta kendali p multivariat tahap 2 pada Gambar 4.3.

Berdasarkan Gambar 4.3 dapat dilihat bahwa data tahap 2 belum terkendali, dikarenakan terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali yaitu pengamatan ke-3, 7, 9, 12, 14, 15, 18, 24 dan 26. Hal ini menunjukkan bahwa proses pengantongan semen tahap 2 belum terkendali secara statistik, kemudian akan dilakukan penelusuran variabel penyebab pengamatan tidak terkendali.



Gambar 4.3 Peta Kendali p Multivariat Tahap 2

Setelah didapatkan hasil Gambar 4.3 proses pengantongan semen tahap 2 belum terkendali secara statistik, diketahui nilai pengamatan yang berada diluar batas kendali dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Nilai Pengamatan Diluar Batas Kendali

| Pengamatan | Nilai $\hat{\delta}$ |
|------------|----------------------|
| 3 | 0,000675 |
| 7 | 0,000738 |
| 9 | 0,000730 |
| 12 | 0,000808 |
| 14 | 0,000924 |
| 15 | 0,000379 |
| 18 | 0,000316 |
| 24 | 0,000698 |
| 26 | 0,000680 |

Langkah selanjutnya adalah menghitung nilai Z_t sesuai dengan persamaan 2.12, untuk mengetahui variabel penyebab terjadinya tidak terkendali seperti yang terlihat pada lampiran C. Hasil kesimpulan perhitungan Z_t , dengan tingkat signifikan sebesar 0,05 dapat diketahui nilai $\chi^2_{(k-1),\alpha} = 16,919$, maka tidak ada variabel penyebab terjadinya tidak terkendali pada pengamatan ke ke-3, 7, 9, 12,14, 15, 18, 24 dan 26 dikarenakan nilai $Z_t < 16,919$.

4.3 Analisis Pergeseran Proses

Uji proporsi digunakan untuk melihat pergeseran proses berdasarkan 2 tahap, yaitu bulan Januari 2015 untuk tahap 1, dan bulan Februari 2015 untuk tahap 2. Jika p_1 adalah proporsi cacat tahap ke-1 dan p_2 adalah proporsi cacat tahap ke-2 berdasarkan data pada Lampiran D, maka perumusan hipotesis untuk pengujian proporsi sebagai berikut.

Tabel 4.5 Uji Proporsi Berdasarkan Tahap

| Hipotesis | \hat{p} | $ Z_0 $ | $Z_{\alpha/2} = Z_{0,025}$ | Keputusan |
|---|-----------|---------|----------------------------|-------------------|
| $H_0 : p_1 = p_2$ $H_1 : p_1 \neq p_2$ | 0,0453 | 0,5876 | 1,96 | Gagal Tolak H_0 |

Berdasarkan Tabel 4.5, dengan menggunakan tingkat signifikan sebesar 0,05 diperoleh nilai $z_{\alpha/2}$ sebesar 1,96, dapat diketahui bahwa keputusan untuk tahap 1 dan tahap 2 adalah H_0 gagal ditolak dikarenakan $|Z_0| < Z_{0,025}$. Sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara proporsi produk cacat hasil proses pengantongan semen tahap 1 dan tahap 2.

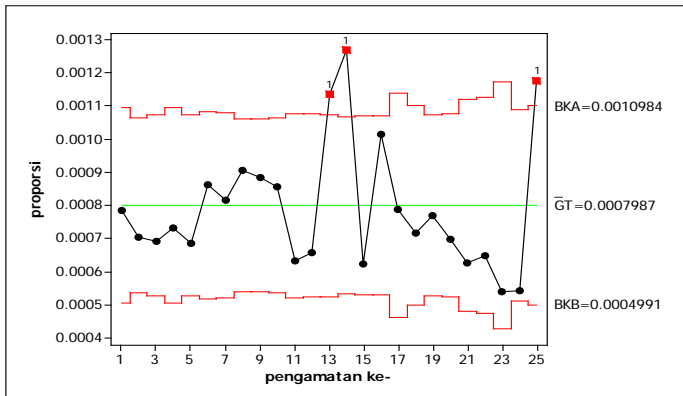
4.4 Kapabilitas Proses

Suatu proses dikatakan kapabel apabila proses terkendali secara statistik, tingkat presisi tinggi, dan tingkat akurasi tinggi. Kapabilitas proses untuk peta kendali p multivariat belum diketahui, maka untuk menghitung nilai kapabilitas proses pada penelitian ini digunakan *output* peta kendali univariat.

4.4.1 Peta Kendali p Univariat Bulan Januari 2015

Berikut merupakan hasil *output* minitab dengan menggunakan peta kendali p univariat berdasarkan data hasil peta kendali p multivariat yang sudah terkendali berdasarkan masing-masing kelas cacat:

a. Kelas Cacat Kritis

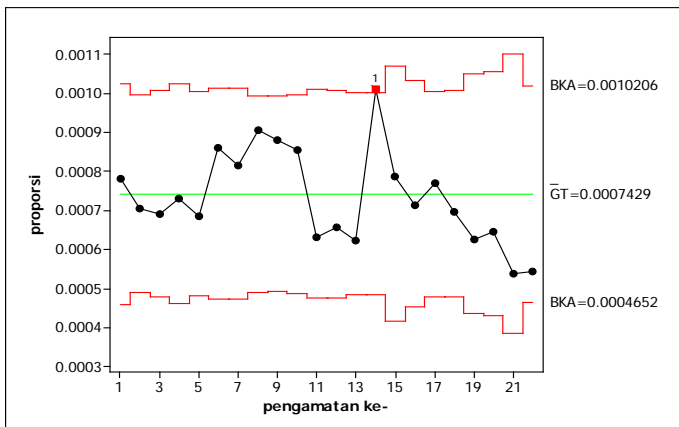


Gambar 4.4 Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Januari 2015

Berdasarkan Gambar 4.4 Peta kendali p , dapat dilihat bahwa data jenis cacat pada proses pengantongan semen PPC 50

Kg kelas cacat kritis bulan Januari 2015 tidak terkendali dengan ukuran subgroup yang berbeda. Peta kendali p mempunyai batas kendali atas sebesar 0,0010984, garis tengah sebesar 0,0007987 dan batas kendali bawah sebesar 0,0004991, maka dapat disimpulkan belum terkendali karena terdapat 3 titik pengamatan berada diluar batas kendali atas dan batas kendali bawah. Setelah 3 titik pengamatan dihilangkan, data pada proses pengantongan bulan januari 2015 dibuat peta kendali p ulang didapatkan hasil Gambar 4.5.

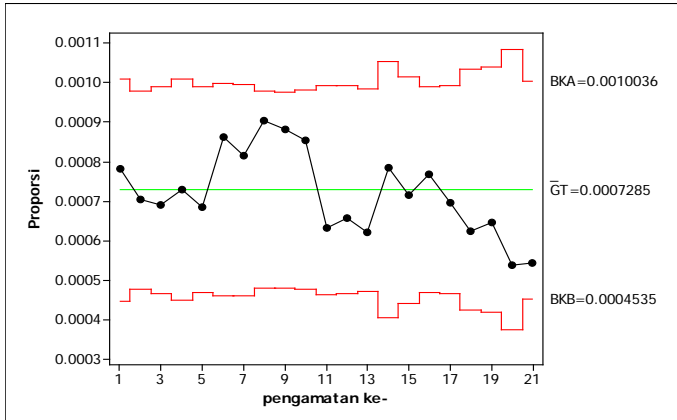
Pada Gambar 4.5 proses pengantongan semen kelas cacat kritis masih terdapat titik pengamatan yang keluar batas kendali. Dengan adanya perbaikan peta kendali, maka didapatkan batas kendali atas 0,0010206, garis tengah sebesar 0,0007429 dan batas kendali bawah sebesar 0,0004652, berikut Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Januari 2015

karena masih terdapat titik pengamatan yang keluar dari batas kendali, maka dilakukan perbaikan peta kendali p Gambar 4.6. Berdasarkan dapat menunjukkan semua titik pengamatan berada diantara batas kendali atas dan batas kendali bawah. Perbaikan peta kendali mempunyai nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing sebesar 0,00101 dan 0,000458, sedangkan

nilai garis tengah sebesar 0,000734, Gambar 4.6 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4.6 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Januari 2015

Gambar 4.6 Setelah terkendali secara statistik, maka dihitung nilai presisi dan akurasi untuk menentukan indeks kapabilitas.

Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}
 \hat{P}_p\% &= \frac{z(\hat{P}/2)}{3} \\
 &= \frac{z(0,0007285/2)}{3} \\
 &= \frac{z(0,000364)}{3} = \frac{3,377}{3} = 1,126
 \end{aligned}$$

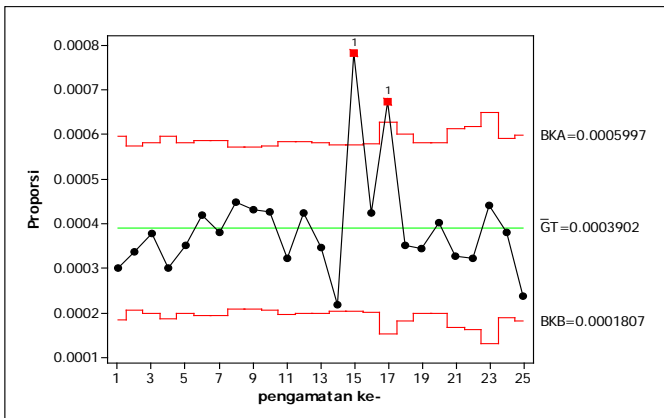
Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.16.

$$\begin{aligned}
 \hat{P}_{PK}\% &= \frac{z(\hat{p}')}{3} \\
 &= \frac{z(0,0007285)}{3} = 1,06
 \end{aligned}$$

Indeks kapabilitas = $\min \{ \hat{P}_p\%, \hat{P}_{PK}\% \} = 1,06$

b. Kelas Cacat Mayor

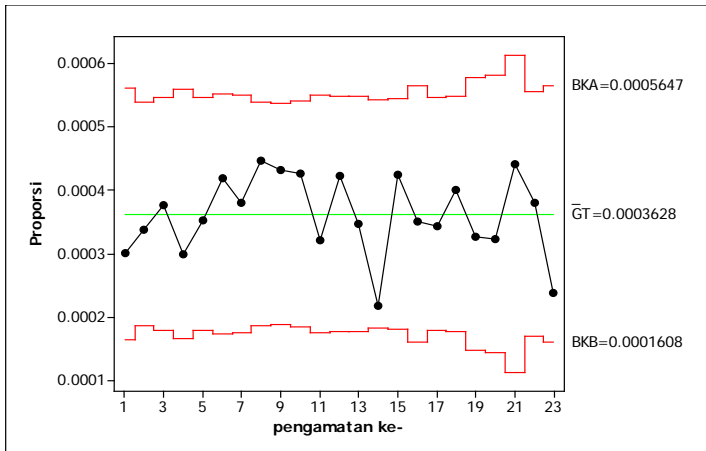
Peta kendali p kelas cacat mayor pada bulan Januari 2015 belum terkendali dengan ukuran subgroup yang berbeda. Nilai batas kendali atas 0,0005997, garis tengah 0,0003902 dan batas kendali bawah 0,0001807. Sehingga, perlu dilakukan perbaikan peta kendali kelas cacat mayor bulan januari 2015. Berikut merupakan Gambar 4.7 kelas cacat mayor.



Gambar 4.7 Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor Bulan Januari 2015

Berdasarkan Gambar 4.7 terlihat ada 2 titik pengamatan berada diluar batas kendali, oleh karena itu dilakukan perbaikan peta kendali p kelas cacat mayor bulan januari 2015. Berikut Gambar 4.8 merupakan perbaikan peta kendali.

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat bahwa semua titik pengamatan berada didalam batas kendali. Perbaikan peta kendali mempunyai nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing sebesar 0,0005647 dan 0,0003628, sedangkan nilai garis tengah sebesar 0,0001608.



Gambar 4.8 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor Bulan Januari 2015

Setelah terkendali secara statistik, maka dihitung nilai presisi dan akurasi untuk menentukan indeks kapabilitas. Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}\hat{P}_p\% &= \frac{z(\hat{p}/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,0003628/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,0001814)}{3} = \frac{3,5657}{3} = 1,188\end{aligned}$$

Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.16.

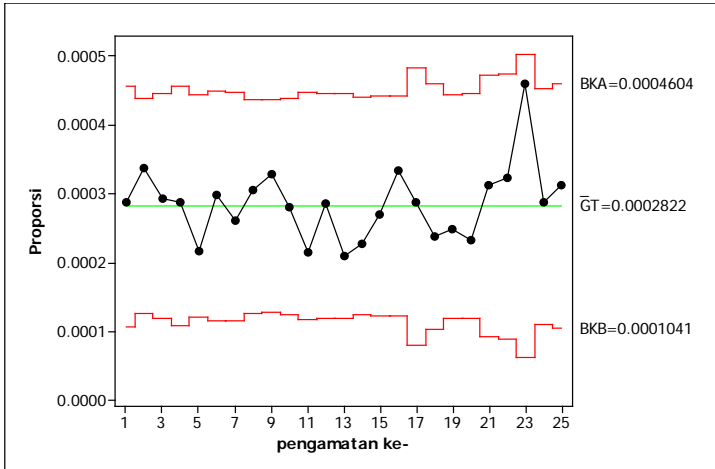
$$\begin{aligned}\hat{P}_{PK}\% &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} \\ &= \frac{Z(0,0003628)}{3} = \frac{3,1265}{3} = 1,13\end{aligned}$$

$$\text{Indeks kapabilitas} = \min \{ \hat{P}_p\%, \hat{P}_{PK}\% \} = 1,13$$

c. Kelas Cacat Minor

Untuk hasil peta kendali kelas cacat minor dapat dilihat pada Gambar 4.9. hasilnya dapat diinterpretasikan bahwa data

proses pengantongan semen kelas cacat minor bulan januari 2015 sudah terkendali secara statistik yang mana ditunjukkan dengan semua titik pengamatan berada diantara batas kendali atas dan batas kendali bawah.



Gambar 4.9 Peta Kendali p Kelas Cacat Minor Bulan Januari 2015
Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}\hat{P}_p\% &= \frac{z(\hat{p}/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,000282/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,000141)}{3} = \frac{3,63}{3} = 1,21\end{aligned}$$

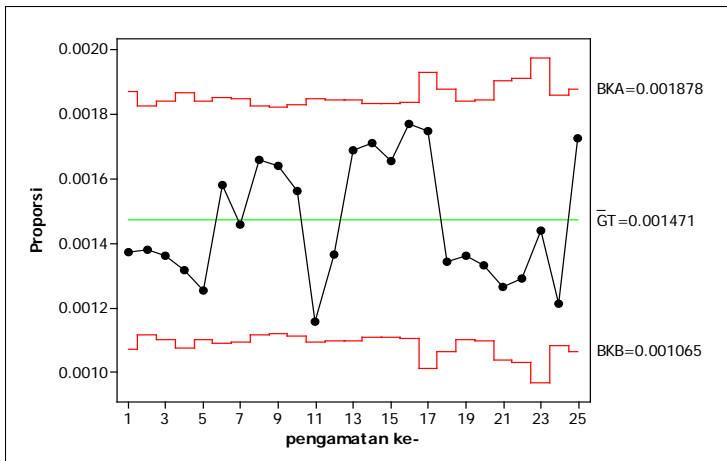
Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.16.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{PK}\% &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} \\ &= \frac{Z(0,000282)}{3} = 1,15\end{aligned}$$

Indeks kapabilitas = $\min \{ \hat{P}_p\%, \hat{P}_{PK}\% \} = 1,15$

d. Bulan Januari 2015

Peta kendali p bulan Januari 2015 proses pengantongan semen PPC 50 Kg pada bulan Januari 2015 dengan ukuran subgroup yang berbeda. Pada peta kendali p proses pengantongan semen PPC 50 Kg pada bulan Januari 2015, diperoleh nilai batas kendali atas sebesar 0,001878, garis tengah sebesar 0,001471 dan batas kendali bawah sebesar 0,001065, maka dapat disimpulkan sudah terkendali dengan pengamatan berada didalam batas kendali atas dan batas kendali bawah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.10 berikut ini.



Gambar 4.10 Peta Kendali p Bulan Januari 2015

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa semua titik pengamatan berada didalam batas kendali, selanjutnya, maka dihitung nilai presisi dan akurasi untuk menentukan indeks kapabilitas.

Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}\hat{P}_p\% &= \frac{z(\hat{P}/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,001471/2)}{3}\end{aligned}$$

$$= \frac{z(0,00734)}{3} = \frac{3,18}{3} = 1,06$$

Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}^{\%} \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.16.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{PK}^{\%} &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} \\ &= \frac{Z(0,001471)}{3} = 1,00\end{aligned}$$

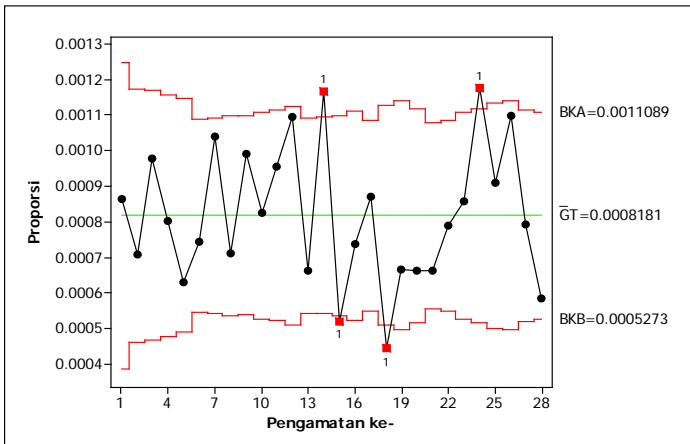
Indeks kapabilitas = $\min \{ \hat{P}_P^{\%}, \hat{P}_{PK}^{\%} \} = 1,00$

4.4.2 Peta Kendali p Univariat Bulan Februari 2015

Analisis peta kendali p univariat bulan Februari 2015 dilakukan sama seperti langkah peta kendali p univariat bulan Januari 2015, dengan masing-masing kelas cacat sebagai berikut.

a. Kelas Cacat Kritis

Berikut merupakan hasil output minitab dengan menggunakan peta kendali p kelas cacat kritis.

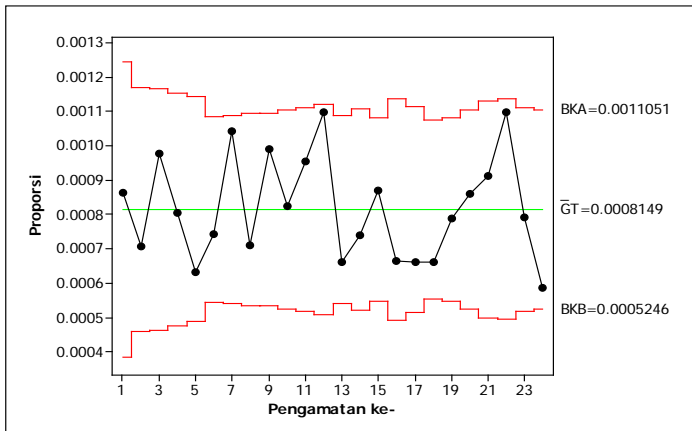


Gambar 4.11 Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Februari 2015

Gambar 4.11 dapat dilihat bahwa proses pengantongan semen PPC 50 Kg kelas cacat kritis bulan Februari 2015 tidak terkendali dengan ukuran subgroup yang berbeda. Pada peta kendali p , batas kendali atas mempunyai nilai sebesar 0,001109, garis tengah sebesar 0.000818 dan batas kendali bawah sebesar

0,000527, maka dapat disimpulkan belum terkendali karena terdapat 4 titik pengamatan berada diluar batas kendali, sehingga perlu dilakukan perbaikan peta kendali.

Berdasarkan Gambar 4.12 perbaikan peta kendali dapat diinterpretasikan bahwa data proses pengantongan semen kelas cacat kritis bulan Februari 2015 sudah terkendali secara statistik yang mana ditunjukkan dengan semua titik pengamatan berada diantara batas kendali atas dan batas kendali bawah. Nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing sebesar 0,001105 dan 0,0005246. Sedangkan, untuk garis tengah sebesar 0,000815. Berikut Gambar 4.17 merupakan hasil perbaikan peta kendali p kelas cacat kritis bulan Februari 2015.



Gambar 4.12 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Kritis Bulan Februari 2015

Setelah terkendali secara statistik, maka dihitung nilai presisi dan akurasi untuk menentukan indeks kapabilitas. Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}\hat{P}_p\% &= \frac{z(\hat{P}/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,000815/2)}{3}\end{aligned}$$

$$= \frac{z(0,0004075)}{3} = \frac{3,348}{3} = 1,12$$

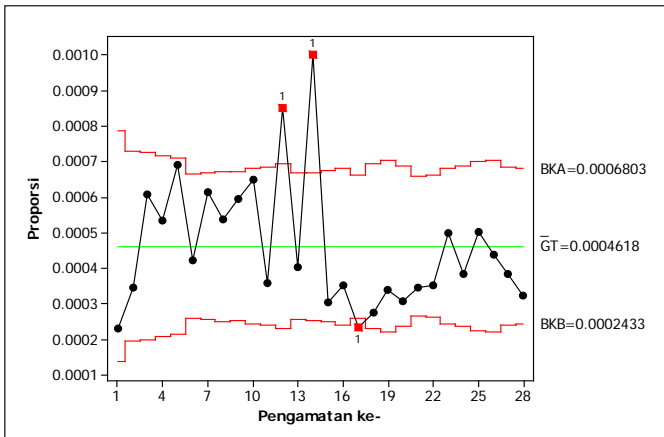
Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}^{\%} \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.16.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{PK}^{\%} &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} \\ &= \frac{Z(0,000815)}{3} = 1,05\end{aligned}$$

Indeks kapabilitas = $\min \{ \hat{P}_P^{\%}, \hat{P}_{PK}^{\%} \} = 1,05$

b. Kelas Cacat Mayor

Hasil peta kendali p kelas cacat mayor bulan Februari 2015 dapat dilihat pada Gambar 4.13.

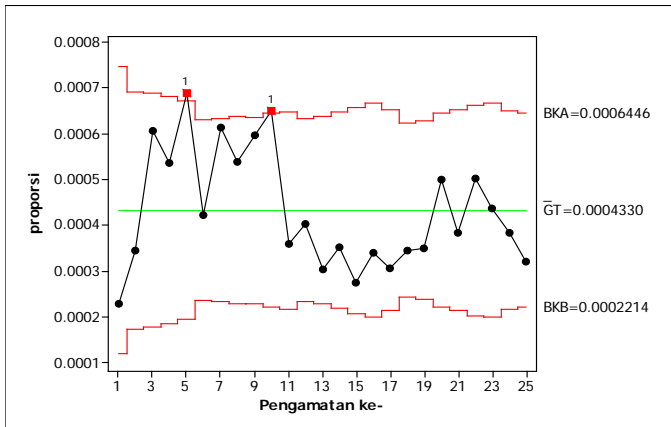


Gambar 4.13 Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor Bulan Februari 2015

Berdasarkan Gambar 4.13 dapat dilihat bahwa data jenis cacat pada proses pengantongan semen PPC 50 Kg kelas cacat mayor bulan Februari 2015 belum terkendali dengan ukuran subgroup yang berbeda. Nilai batas kendali atas 0,0006803, garis tengah 0,0004618 dan batas kendali bawah 0,000243. Sehingga, perlu dilakukan perbaikan peta kendali kelas cacat mayor bulan Februari 2015.

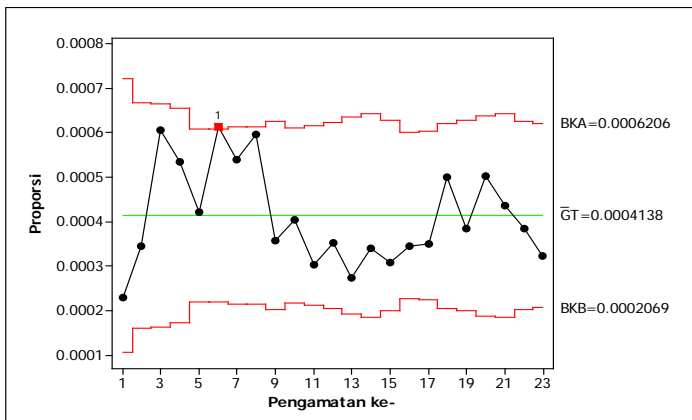
Pada Gambar 4.14 perbaikan peta kendali proses pengantongan semen kelas cacat mayor masih terdapat 2 titik

pengamatan yang keluar batas kendali. Berikut merupakan Gambar 4.14 perbaikan peta kendali p kelas cacat mayor.



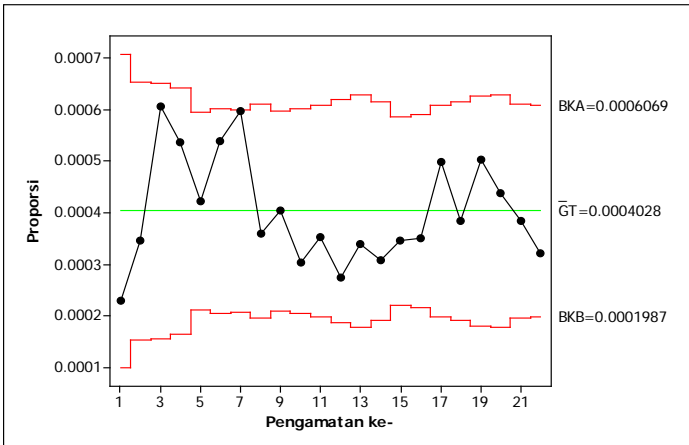
Gambar 4.14 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Mayor Bulan Februari 2015

Karena masih terdapat 2 titik pengamatan yang keluar dari batas kendali, maka dilakukan iterasi perbaikan peta kendali p Gambar 4.15 berikut ini.



Gambar 4.15 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor Bulan Februari 2015

Gambar 4.15 merupakan iterasi ke-2 perbaikan peta kendali p kelas cacat mayor bulan Februari 2015, dapat dilihat bahwa masih ada satu titik pengamatan yang berada diluar batas kendali yaitu pengamatan ke-6. Nilai batas kendali berubah yaitu, batas kendali atas sebesar 0,000621, garis tengah 0,000414 dan untuk batas kendali bawah sebesar 0,000207. Karena, masih terdapat pengamatan yang berada diluar batas kendali maka perlu dilakukan perbaikan peta kendali p kelas cacat mayor bulan Februari 2015. Berikut ini merupakan hasil perbaikan peta kendali Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Mayor Bulan Februari 2015

Gambar 4.16 dapat dilihat bahwa semua titik pengamatan berada didalam batas kendali. Perbaikan peta kendali mempunyai nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing sebesar 0,000607 dan 0,000199, sedangkan nilai garis tengah sebesar 0,000403. Setelah terkendali secara statistik, maka dihitung nilai presisi dan akurasi untuk menentukan indeks kapabilitas.

Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}\hat{P}_p\% &= \frac{z(\hat{p}/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,000403/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,0002014)}{3} = \frac{3,54}{3} = 1,18\end{aligned}$$

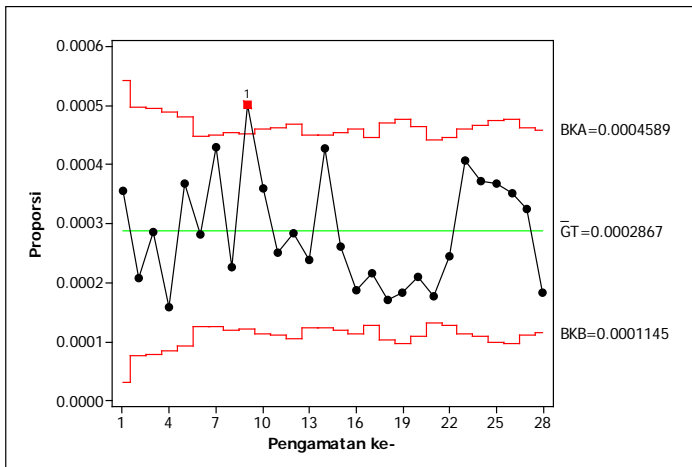
Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.16.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{PK}\% &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} \\ &= \frac{Z(0,000403)}{3} = 1,12\end{aligned}$$

Indeks kapabilitas = $\min \{ \hat{P}_p\%, \hat{P}_{PK}\% \} = 1,12$

c. Kelas Cacat Minor

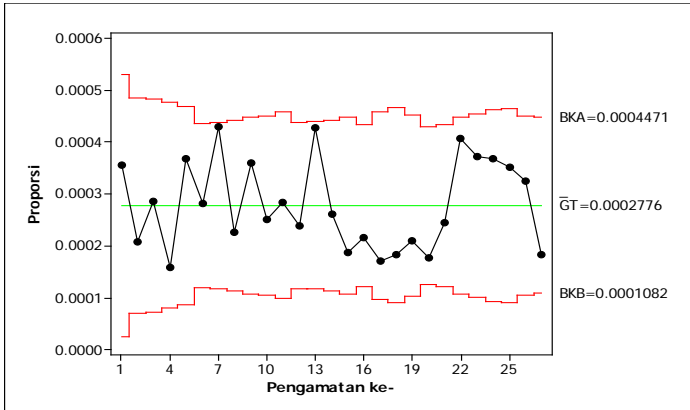
Selanjutnya, peta kendali p kelas cacat minor. Berikut output peta kendali p kelas cacat minor.



Gambar 4.17 Peta Kendali p Kelas Cacat Minor Bulan Februari 2015

Pada Gambar 4.17 proses pengantongan semen kelas cacat minor terdapat 1 titik pengamatan yang keluar batas kendali yaitu pengamatan ke-9, diperoleh batas kendali atas 0,000459, garis

tengah sebesar 0,000287 dan batas kendali bawah sebesar 0,0001145. Peta kendali p kelas cacat minor bulan Februari 2015 belum terkendali, maka dilakukan perbaikan. Berikut merupakan Gambar 4.17 perbaikan peta kendali p kelas cacat minor.



Gambar 4.18 Perbaikan Peta Kendali p Kelas Cacat Minor Bulan Februari 2015

Berdasarkan Gambar 4.18 dapat diinterpretasikan bahwa data proses pengantongan semen kelas cacat minor bulan Februari 2015 sudah terkendali secara statistik yang mana ditunjukkan dengan semua titik pengamatan berada diantara batas kendali atas dan batas kendali bawah. Nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing sebesar 0,000447 dan 0,0001082. Sedangkan, untuk garis tengah atau rata-rata sebesar 0,0002776. Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}\hat{P}_p\% &= \frac{z(\hat{P}/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,000278/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,000139)}{3} = \frac{3,64}{3} = 1,21\end{aligned}$$

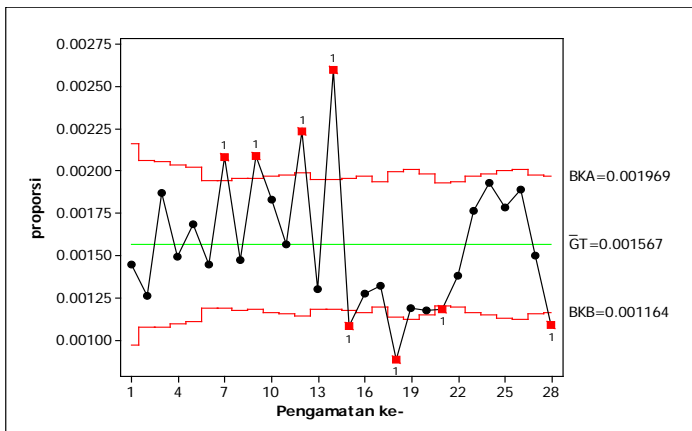
Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.16.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{PK}^{\%} &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} \\ &= \frac{Z(0,000278)}{3} = 1,15\end{aligned}$$

Indeks kapabilitas = $\min \{ \hat{P}_P^{\%}, \hat{P}_{PK}^{\%} \} = 1,15$

d. Bulan Februari 2015

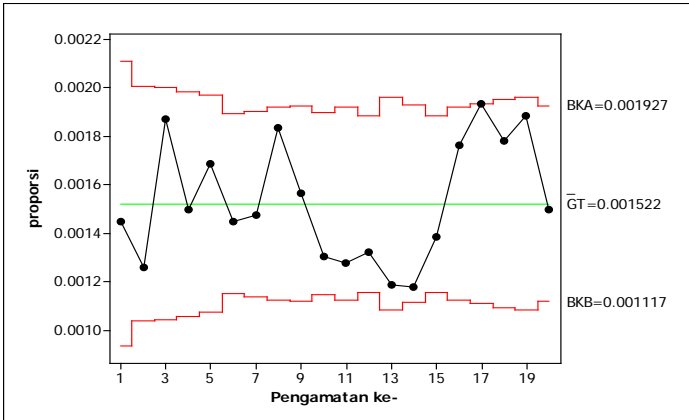
Hasil peta kendali p univariat bulan Februari 2015 dapat dilihat pada Gambar 4.19, bahwa data jenis cacat pada proses pengantongan semen PPC 50 Kg pada bulan Februari 2015 tidak terkendali dengan ukuran subgroup yang berbeda. Pada peta kendali p , nilai batas kendali atas sebesar 0,00197, garis tengah sebesar 0,00157 dan batas kendali bawah sebesar 0,001164, maka dapat disimpulkan belum terkendali karena terdapat 8 titik pengamatan berada diluar batas kendali atas dan batas kendali bawah.



Gambar 4.19 Peta Kendali p Bulan Februari 2015

Selanjutnya, membuat perbaikan peta kendali p bulan Februari 2015. Berdasarkan Gambar 4.20 dapat dilihat bahwa semua titik pengamatan berada didalam batas kendali. Perbaikan peta kendali mempunyai nilai batas kendali atas dan batas kendali bawah masing-masing sebesar 0,00193 dan 0,001117, sedangkan nilai

garis tengah sebesar 0,001522. Berikut merupakan Gambar 4.20 perbaikan peta kendali p bulan Februari 2015.



Gambar 4.20 Perbaikan Peta Kendali p Bulan Februari 2015

Setelah terkendali secara statistik, maka dihitung nilai presisi dan akurasi untuk menentukan indeks kapabilitas. Presisi dikatakan tinggi jika nilai $\hat{P}_p\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.15.

$$\begin{aligned}\hat{P}_p\% &= \frac{z(\hat{P}/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,001522/2)}{3} \\ &= \frac{z(0,000761)}{3} = \frac{3,17}{3} = 1,06\end{aligned}$$

Sedangkan akurasi dikatakan tinggi jika $\hat{P}_{PK}\% \geq 1$ dengan menggunakan persamaan 2.16.

$$\begin{aligned}\hat{P}_{PK}\% &= \frac{Z(\hat{p}')}{3} \\ &= \frac{Z(0,001522)}{3} = 1,00\end{aligned}$$

Indeks kapabilitas = $\min \{ \hat{P}_p\%, \hat{P}_{PK}\% \} = 1,00$

4.4.3 Penentuan Level Sigma

Penentuan level sigma proses pengantongan semen dengan menggunakan persamaan 2.17, 2.18 dan 2.19, Berikut Tabel 4.6 hasil perhitungan DPO, level sigma dan DPMO.

Tabel 4.6 Nilai DPO, DPMO dan Level Sigma

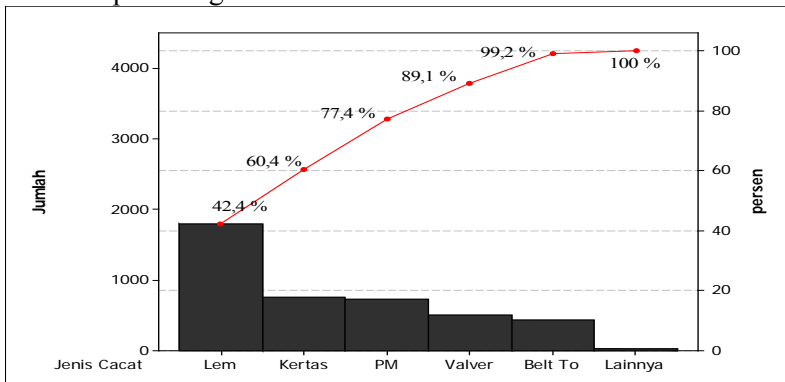
| Tuban 4 | Kelas Cacat | Nilai | | |
|----------|-------------|---------|-------|-------------|
| | | DPO | DPMO | Level Sigma |
| Januari | Kritis | 0,00850 | 8.502 | 3,89 |
| | Mayor | 0,00426 | 4.260 | 4,13 |
| | Minor | 0,00218 | 2.179 | 4,35 |
| | Total | 0,00470 | 4.700 | 4,10 |
| Februari | Kritis | 0,00763 | 7.636 | 3,93 |
| | Mayor | 0,00431 | 4.260 | 4,13 |
| | Minor | 0,00201 | 2.007 | 4,38 |
| | Total | 0,00438 | 4.386 | 4.12 |

Tabel 4.6 memberikan informasi bahwa pengendalian proses yang paling baik adalah pada proses pengantongan semen bulan Januari 2015 dan februari 2015 dengan kelas cacat minor. Pada bulan Januari 2015 diperoleh nilai DPMO sebesar 2.179, artinya dari 1 juta produk ada 2.179 produk *reject*. Sedangkan untuk pengendalian proses bulan Januari 2015 dan Februari 2015 secara keseluruhan diperoleh peningkatan level sigma sebesar 0,02. Perbandingan hasil proses di Tuban 4 antara bulan Januari dan bulan Februari secara keseluruhan, bulan Februari mengalami peningkatan level sigma, yang tadinya pada bulan januari diperoleh level sigma 4,10 dan bulan februari diperoleh level sigma 4,12. Berdasarkan hasil level sigma yang diperoleh, untuk menuju ke 6 sigma perlu dilakukan upaya untuk menuju *zero deffect*. Untuk mengetahui apa saja yang perlu dilakukan perbaikan dibuatlah diagram pareto yaitu untuk mengetahui yag mana yang menimbulkan cacat terbesar dan diagram *ishikawa* untuk mengetahui penyebab cacat berdasarkan 4M+1L.

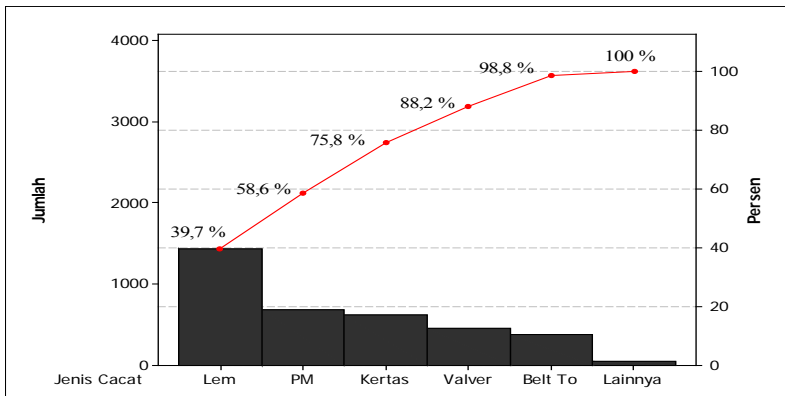
4.5 Analisis Jenis Cacat Dominan

Untuk mengetahui jenis cacat dominan yang terdapat pada proses pengantongan semen PPC 50 Kg di Tuban 4 PT Semen Indonesia (persero) Tbk, yang memiliki 10 jenis cacat dapat menggunakan diagram pareto, dimana 10 jenis cacat terbagi menjadi 3 kelas yaitu yang pertama kelas cacat kritis dengan variabel jenis cacat lem, valver dan kertas, jenis cacat yang kedua

kelas cacat mayor dengan variabel PM, Belt To dan BR, untuk kelas ketiga yaitu minor dengan variabel BC-4, BC-5, truck dan kertas. Diagram pareto digunakan untuk mengetahui urutan masalah mulai dari prioritas cacat tertinggi hingga prioritas cacat terendah, sehingga dapat diketahui jenis cacat yang berpengaruh besar dalam proses tersebut. Hasil diagram pareto pada masing-masing tahap dapat dilihat pada Gambar 4.21 tahap 1 dan Gambar 4.22 tahap 2 sebagai berikut.



Gambar 4.21 Diagram Pareto Proses Pengantongan Semen tahap 1



Gambar 4.22 Diagram Pareto Proses Pengantongan Semen tahap 2

Berdasarkan Gambar 4.21 dan Gambar 4.22 dari masing-masing tahap diketahui bahwa nilai persentase kumulatif cacat

tahap 1 sebesar 89,1% cacat yang terjadi didominasi oleh jenis cacat lem, kertas, PM dan Valver, untuk nilai presentase kumulatif cacat tahap 2 sebesar 88,2% cacat yang terjadi didominasi oleh jenis cacat lem, PM, kertas dan Valver.

4.6 Faktor Penyebab Cacat

Untuk mengetahui faktor penyebab cacat, dapat diidentifikasi dengan menggunakan diagram *ishikawa*. Diagram *ishikawa* atau diagram sebab-akibat, merupakan diagram yang digunakan untuk melihat faktor penyebab cacat yang terjadi pada saat proses berjalan berdasarkan faktor manusia, material, mesin, metode dan lingkungan. Hasil diagram *ishikawa* dapat dilihat pada Gambar 2.23 sebagai berikut.



Gambar 2.23 Diagram *Ishikawa* Penyebab Cacat Proses Pengantongan Semen

Gambar 2.23 menunjukkan bahwa dengan menggunakan diagram *ishikawa* dapat melihat penyebab terjadinya cacat pada proses pengantongan semen yang dikarenakan faktor mesin yang digunakan, metode yang digunakan, lingkungan, bahan baku (material), dan karyawan. Pada mesin, karena sebagian besar semua dijalankan oleh mesin, akibatnya dengan keadaan mesin yang sudah aus, plat besi dan spot yang sudah tua dan valuer yang terlalu kecil sehingga semen tidak dapat masuk menyebabkan cacat lebih banyak. Valuer yaitu alat semprot untuk mengisi

semen kedalam sak semen. Dari segi metode, disebabkan karena saat diteruskan ke bak truck yang mana belum dibersihkan dengan seksama sehingga ada kerikil/benda yang membuat sak pecah. Lem merupakan bahan perekat dalam pembuatan sak semen yang belum kering dan pembuatannya yang salah membuat sak semen tidak merekat dengan baik serta membentuk lubang sak terlalu kecil. Lingkungan, segi lingkungan yang sangat berdebu dan tempat produksi yang kurang penerangan menyebabkan para karyawan kurang nyaman dan suara yang bising mengakibatkan kinerja karyawan yang kurang fokus sehingga hasilnya banyak pecah. Segi material yang disebabkan oleh mutu kertas (kraft) jelek/murah dan bahan pembuatan lem jelek sehingga hasilnya pun kurang memuaskan. Dalam Segi manusia (karyawan) juga mengakibatkan cacat produk yang disebabkan karena kelelahan, kurang fokus dan lengah dalam pengamatan alur proses pengantongan semen. Oleh karena itu, akibat dari penyebab-penyebab tersebut adalah terjadinya cacat paling penting yang menjadi faktor prioritas untuk diperbaiki.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Hasil evaluasi proses pengantongan semen PPC 50 Kg Semen Indonesia di Tuban 4 dengan menggunakan peta kendali peta p multivariat masih belum terkendali secara statistik.
2. Hasil perhitungan level sigma tahap 1 bulan Januari 2015 dan tahap 2 bulan Februari 2015 mengalami kenaikan sebesar 0,02, dimana bulan januari diperoleh level sigma 4,10 yang berarti DPMO 4.700, sedangkan pada bulan februari 2015 diperoleh level sigma 4,12 yang berarti DPMO sebesar 4.386.
3. Variabel penyebab proses pengantongan semen:
 - a. Jenis cacat lem adalah lem kurang kering, bahan pembuat lem jelek dan tidak rata.
 - b. Jenis cacat kertas adalah mutu kertas (kraft) jelek dan bak truk kotor.
 - c. Jenis cacat PM adalah sudah aus, plat besi dan spot yang sudah tua, serta kurang fokusnya karyawan.
 - d. Jenis cacat valver adalah lubang kertas terlalu kecil.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan untuk perusahaan yaitu melakukan perbaikan untuk jenis cacat yang mendominasi yaitu lem, kertas, PM dan valver pada proses pengantongan semen. Selain itu, pihak perusahaan juga perlu melakukan pengendalian kualitas secara statistik pada proses pengantongan semen untuk mengurangi jumlah produk cacat dan proses dalam keadaan terkendali. Untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya melakukan penyelesaian masalah dengan menggunakan metode yang sesuai untuk jenis cacat yang sedikit.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Bothe, D.R., 1997. *Measuring Process Capability*. McGraw-Hill : New York.
- Cozzucoli, P. C. 2009. *Process Monitoring with Multivariate P Control Chart*. *Journal of Quality Statistic and Reli.*
- Gaspersz, Vincent. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma*. Penerbit PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Gaspersz, Vincent. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Institut Semen & Beton Indonesia. 2007. *Proses Produksi Semen dan Beton Indonesia*. Jakarta.
- H.Taleb. 2009. *Control Chart Applications For Multivariate Attribute Processes*. Computers and Industrial Engineering, Vol.56 No.1, pp. 399-410.
- Johnson, A.R. and Wichern, D.W. 2007. *Applied Multivariate Statistical Analysis Sixth Edition*. New Jersey. Prentice Hall, Upper Saddle River.
- Mayananda Karina. 2012. *Pengontrolan Kualitas Produk PT. IGLAS (Persero) Gresik Menggunakan Diagram P Multivariat*. Laporan Tugas Akhir Jurusan Statistika ITS : Surabaya.
- Montgomery, Douglas C. 2013. *Introduction To Statistica Quality Control Seventh Edition*. John Wiley & Sons, Inc : New York.
- Mukhopadhyay, A.R. 2008. *Multivariate Attribute Control Chart Using Mahalanobis D^2 Statistic*. *Journal of Applied Statistics*, Vol.35, No.4, 421-429.
- R.Z.Gold. 1963. Tests auxiliary to tests in a Markov chain. *The Annals of Mathematical Statistics*, vol.34 no 1 pp 56-74.
- Suhartono, E.O. 2012. *Pengontrolan Kualitas Pada Proses Pengemasan Semen (Packaging) PT. Semen Gresik*

- (Persero) Tbk, di Tuban Berbasis Metode Six Sigma.*
Laporan Tugas Akhir Jurusan Statistika ITS : Surabaya.
- Wahyudi dan Khunaizah Siti, 2000. *Analisis Pengendalian Kualitas Pada Proses Pengantongan Semen Di PT. Semen Gresik (Persero) Tbk.* Kerja Praktek Jurusan Statistika ITS : Surabaya.
- Walpole, Ronald E. 2012. *Probability & Statistics for Engineers & Scientists Ninth Edition* . Prentice Hall : New York.

Lampiran A1. Data Jenis Cacat Bulan Januari 2015 (Tahap 1)

| TANGGAL | RELEASE | PECAH | PEMBUATAN (KRITIS) | | | | PENGISIAN (MAYOR) | | | | TRANSPORTASI (MINOR) | | | | |
|-----------|---------|-------|--------------------|--------|--------|-----|-------------------|---------|----|-----|----------------------|------|-------|--------|-----|
| | | | LEM | VALVER | KERTAS | JML | PM | BELT TO | BR | JML | BC-4 | BC-5 | TRUCK | KERTAS | JML |
| 01-Jan-15 | 83,125 | 114 | 46 | 19 | - | 65 | 15 | 10 | - | 25 | - | - | - | 24 | 24 |
| 02-Jan-15 | 103,760 | 143 | 56 | 17 | - | 73 | 19 | 16 | - | 35 | 5 | - | - | 30 | 35 |
| 03-Jan-15 | 95,315 | 188 | 79 | 19 | - | 98 | 35 | 21 | - | 56 | - | - | - | 34 | 34 |
| 04-Jan-15 | 95,515 | 130 | 52 | 14 | - | 66 | 24 | 12 | - | 36 | - | - | - | 28 | 28 |
| 05-Jan-15 | 83,550 | 110 | 50 | 11 | - | 61 | 17 | 8 | - | 25 | 2 | 2 | - | 20 | 24 |
| 06-Jan-15 | 96,535 | 121 | 57 | 9 | - | 66 | 19 | 15 | - | 34 | - | - | - | 21 | 21 |
| 07-Jan-15 | 90,535 | 143 | 62 | 16 | - | 78 | 22 | 16 | - | 38 | - | - | - | 27 | 27 |
| 08-Jan-15 | 91,925 | 134 | 60 | 15 | - | 75 | 23 | 12 | - | 35 | - | - | - | 24 | 24 |
| 09-Jan-15 | 101,710 | 194 | 80 | 14 | 4 | 98 | 30 | 28 | - | 58 | 3 | 4 | - | 31 | 38 |
| 10-Jan-15 | 104,955 | 174 | 76 | 19 | - | 95 | 28 | 19 | - | 47 | 2 | - | - | 30 | 32 |
| 11-Jan-15 | 106,630 | 175 | 80 | 14 | - | 94 | 30 | 16 | - | 46 | - | 1 | - | 34 | 35 |
| 12-Jan-15 | 102,980 | 161 | 72 | 16 | - | 88 | 24 | 20 | - | 44 | - | - | - | 29 | 29 |
| 13-Jan-15 | 110,275 | 235 | 81 | 35 | - | 116 | 57 | 26 | - | 83 | - | 3 | - | 33 | 36 |
| 14-Jan-15 | 93,260 | 108 | 47 | 12 | - | 59 | 18 | 11 | 1 | 30 | - | - | - | 20 | 20 |
| 15-Jan-15 | 97,825 | 103 | 54 | 12 | - | 66 | 12 | 9 | - | 21 | - | - | - | 16 | 16 |
| 16-Jan-15 | 94,415 | 129 | 40 | 22 | - | 62 | 28 | 12 | - | 40 | - | - | - | 27 | 27 |
| 17-Jan-15 | 95,260 | 161 | 82 | 26 | - | 108 | 18 | 15 | - | 33 | - | - | - | 20 | 20 |

Lanjutan Lampiran A1. Data Jenis Cacat Bulan Januari 2015 (Tahap 1)

| TANGGAL | RELEASE | PECAH | PEMBUATAN (KRITIS) | | | | PENGISIAN (MAYOR) | | | | TRANSPORTASI (MINOR) | | | | |
|--------------|------------------|--------------|--------------------|------------|----------|--------------|-------------------|------------|----------|--------------|----------------------|-----------|----------|------------|------------|
| | | | LEM | VALVER | KERTAS | JML | PM | BELT TO | BR | JML | BC-4 | BC-5 | TRUCK | KERTAS | JML |
| 18-Jan-15 | 101,130 | 173 | 98 | 30 | - | 128 | 15 | 7 | - | 22 | - | - | - | 23 | 23 |
| 19-Jan-15 | 99,675 | 165 | 48 | 14 | - | 62 | 61 | 15 | 2 | 78 | - | 5 | - | 22 | 27 |
| 20-Jan-15 | 98,815 | 175 | 91 | 9 | - | 100 | 26 | 16 | - | 42 | - | - | - | 33 | 33 |
| 21-Jan-15 | 62,360 | 109 | 33 | 16 | - | 49 | 30 | 12 | - | 42 | - | - | - | 18 | 18 |
| 22-Jan-15 | 79,775 | 107 | 40 | 17 | - | 57 | 17 | 11 | - | 28 | - | - | - | 19 | 19 |
| 23-Jan-15 | 91,905 | 171 | 76 | 23 | - | 99 | 25 | 20 | - | 45 | - | - | - | 27 | 27 |
| 24-Jan-15 | 96,230 | 131 | 54 | 20 | - | 74 | 19 | 14 | - | 33 | - | 3 | - | 21 | 24 |
| 25-Jan-15 | 94,690 | 126 | 54 | 12 | - | 66 | 23 | 15 | - | 38 | - | - | - | 22 | 22 |
| 26-Jan-15 | 76,850 | 80 | 38 | 11 | - | 49 | 13 | 10 | - | 23 | - | - | - | 8 | 8 |
| 27-Jan-15 | 70,380 | 89 | 32 | 12 | - | 44 | 12 | 11 | - | 23 | - | - | - | 22 | 22 |
| 28-Jan-15 | 68,125 | 88 | 29 | 15 | - | 44 | 17 | 5 | - | 22 | - | - | - | 22 | 22 |
| 29-Jan-15 | 52,085 | 75 | 24 | 4 | - | 28 | 15 | 8 | - | 23 | - | - | - | 24 | 24 |
| 30-Jan-15 | 86,625 | 105 | 41 | 6 | - | 47 | 20 | 13 | - | 33 | - | - | - | 25 | 25 |
| 31-Jan-15 | 79,995 | 138 | 73 | 21 | - | 94 | 13 | 6 | - | 19 | - | - | - | 25 | 25 |
| TOTAL | 2,806,210 | 4,255 | 1,805 | 500 | 4 | 2,309 | 725 | 429 | 3 | 1,157 | 12 | 18 | - | 759 | 789 |

Lampiran A2. Data Jenis Cacat Bulan Februari 2015 (Tahap 2)

| TANGGAL | RELEASE | PECAH | PEMBUATAN (KRITIS) | | | | PENGISIAN (MAYOR) | | | | TRANSPORTASI (MINOR) | | | | |
|-----------|---------|-------|--------------------|--------|--------|-----|-------------------|---------|----|-----|----------------------|------|-------|--------|-----|
| | | | LEM | VALVER | KERTAS | JML | PM | BELT TO | BR | JML | BC-4 | BC-5 | TRUCK | KERTAS | JML |
| 01-Feb-15 | 39,380 | 57 | 21 | 13 | - | 34 | 7 | 2 | - | 9 | - | - | - | 14 | 14 |
| 02-Feb-15 | 57,965 | 73 | 32 | 9 | - | 41 | 11 | 9 | - | 20 | - | - | - | 12 | 12 |
| 03-Feb-15 | 59,320 | 111 | 45 | 13 | - | 58 | 21 | 15 | - | 36 | - | - | - | 17 | 17 |
| 04-Feb-15 | 63,485 | 95 | 39 | 12 | - | 51 | 18 | 16 | - | 34 | - | - | - | 10 | 10 |
| 05-Feb-15 | 68,130 | 115 | 38 | 5 | - | 43 | 25 | 22 | - | 47 | - | - | - | 25 | 25 |
| 06-Feb-15 | 99,455 | 144 | 59 | 15 | - | 74 | 25 | 17 | - | 42 | - | - | - | 28 | 28 |
| 07-Feb-15 | 97,925 | 204 | 78 | 24 | - | 102 | 39 | 21 | - | 60 | 2 | 2 | - | 38 | 42 |
| 08-Feb-15 | 92,920 | 137 | 47 | 19 | - | 66 | 37 | 13 | - | 50 | - | - | - | 21 | 21 |
| 09-Feb-15 | 93,905 | 196 | 70 | 23 | - | 93 | 36 | 20 | - | 56 | 8 | 9 | - | 30 | 47 |
| 10-Feb-15 | 86,155 | 158 | 57 | 14 | - | 71 | 45 | 11 | - | 56 | - | - | - | 31 | 31 |
| 11-Feb-15 | 83,710 | 131 | 62 | 18 | - | 80 | 17 | 13 | - | 30 | - | - | - | 21 | 21 |
| 12-Feb-15 | 77,470 | 173 | 64 | 21 | - | 85 | 52 | 14 | - | 66 | - | - | - | 22 | 22 |
| 13-Feb-15 | 96,715 | 126 | 46 | 18 | - | 64 | 23 | 16 | - | 39 | - | - | - | 23 | 23 |
| 14-Feb-15 | 95,900 | 249 | 87 | 25 | - | 112 | 68 | 28 | - | 96 | - | 6 | - | 35 | 41 |
| 15-Feb-15 | 92,250 | 100 | 31 | 17 | - | 48 | 19 | 9 | - | 28 | 3 | 4 | - | 17 | 24 |
| 16-Feb-15 | 85,310 | 109 | 43 | 20 | - | 63 | 20 | 10 | - | 30 | - | - | - | 16 | 16 |
| 17-Feb-15 | 102,250 | 135 | 60 | 29 | - | 89 | 12 | 12 | - | 24 | - | 2 | - | 20 | 22 |

Lanjutan Lampiran A2. Data Jenis Cacat Bulan Februari 2015 (Tahap 2)

| TANGGAL | RELEASE | PECAH | PEMBUATAN (KRITIS) | | | | PENGISIAN (MAYOR) | | | | TRANSPORTASI (MINOR) | | | | |
|--------------|------------------|--------------|--------------------|------------|----------|--------------|-------------------|------------|----------|--------------|----------------------|-----------|----------|------------|------------|
| | | | LEM | VALVER | KERTAS | JML | PM | BELT TO | BR | JML | BC-4 | BC-5 | TRUCK | KERTAS | JML |
| 18-Feb-15 | 76,620 | 68 | 29 | 5 | - | 34 | 12 | 9 | - | 21 | - | - | - | 13 | 13 |
| 19-Feb-15 | 70,725 | 84 | 32 | 15 | - | 47 | 14 | 10 | - | 24 | - | - | - | 13 | 13 |
| 20-Feb-15 | 81,465 | 96 | 39 | 15 | - | 54 | 15 | 10 | - | 25 | - | - | - | 17 | 17 |
| 21-Feb-15 | 107,285 | 127 | 62 | 9 | - | 71 | 22 | 15 | - | 37 | - | - | - | 19 | 19 |
| 22-Feb-15 | 102,620 | 142 | 62 | 19 | - | 81 | 20 | 13 | 3 | 36 | - | - | - | 25 | 25 |
| 23-Feb-15 | 86,155 | 152 | 61 | 13 | - | 74 | 27 | 16 | - | 43 | - | - | - | 35 | 35 |
| 24-Feb-15 | 80,710 | 156 | 74 | 21 | - | 95 | 17 | 14 | - | 31 | - | - | - | 30 | 30 |
| 25-Feb-15 | 73,480 | 131 | 46 | 21 | - | 67 | 28 | 9 | - | 37 | - | - | - | 27 | 27 |
| 26-Feb-15 | 70,990 | 134 | 67 | 11 | - | 78 | 19 | 12 | - | 31 | - | - | - | 25 | 25 |
| 27-Feb-15 | 83,380 | 125 | 55 | 11 | - | 66 | 18 | 14 | - | 32 | 3 | 3 | - | 21 | 27 |
| 28-Feb-15 | 87,000 | 95 | 34 | 17 | - | 51 | 17 | 11 | - | 28 | - | - | - | 16 | 16 |
| TOTAL | 2,312,675 | 3,623 | 1,440 | 452 | - | 1,892 | 684 | 381 | 3 | 1,068 | 16 | 26 | - | 621 | 663 |

Lampiran A3. Data Jenis Cacat Bulan Desember 2015

| TANGGAL | RELEASE | PECAH | PEMBUATAN (KRITIS) | | | | PENGISIAN (MAYOR) | | | | TRANSPORTASI (MINOR) | | | | |
|-----------|---------|-------|--------------------|--------|--------|-----|-------------------|---------|----|-----|----------------------|------|-------|--------|-----|
| | | | LEM | VALVER | KERTAS | JML | PM | BELT TO | BR | JML | BC-4 | BC-5 | TRUCK | KERTAS | JML |
| 01-Dec-14 | 90,535 | 143 | 62 | 16 | - | 78 | 22 | 16 | - | 38 | - | - | - | 27 | 27 |
| 02-Dec-14 | 91,925 | 134 | 60 | 15 | - | 75 | 23 | 12 | - | 35 | - | - | - | 24 | 24 |
| 03-Dec-14 | 101,710 | 194 | 80 | 14 | 4 | 98 | 30 | 28 | - | 58 | 3 | 4 | - | 31 | 38 |
| 04-Dec-14 | 104,955 | 210 | 80 | 29 | 3 | 112 | 28 | 28 | - | 56 | 2 | 5 | - | 35 | 42 |
| 05-Dec-14 | 106,630 | 175 | 80 | 14 | - | 94 | 30 | 16 | - | 46 | - | 1 | - | 34 | 35 |
| 06-Dec-14 | 102,980 | 161 | 72 | 16 | - | 88 | 24 | 20 | - | 44 | - | - | - | 29 | 29 |
| 07-Dec-14 | 102,620 | 142 | 62 | 19 | - | 81 | 20 | 13 | 3 | 36 | - | - | - | 25 | 25 |
| 08-Dec-14 | 86,155 | 152 | 61 | 13 | - | 74 | 27 | 16 | - | 43 | - | - | - | 35 | 35 |
| 09-Dec-14 | 80,710 | 156 | 74 | 21 | - | 95 | 17 | 14 | - | 31 | - | - | - | 30 | 30 |
| 10-Dec-14 | 73,480 | 131 | 46 | 21 | - | 67 | 28 | 9 | - | 37 | - | - | - | 27 | 27 |
| 11-Dec-14 | 70,990 | 134 | 67 | 11 | - | 78 | 19 | 12 | - | 31 | - | - | - | 25 | 25 |
| 12-Dec-14 | 83,380 | 125 | 55 | 11 | - | 66 | 18 | 14 | - | 32 | 3 | 3 | - | 21 | 27 |
| 13-Dec-14 | 87,000 | 95 | 34 | 17 | - | 51 | 17 | 11 | - | 28 | - | - | - | 16 | 16 |
| 14-Dec-14 | 93,260 | 108 | 47 | 12 | - | 59 | 18 | 11 | - | 29 | - | - | - | 20 | 20 |
| 15-Dec-14 | 97,825 | 103 | 54 | 12 | - | 66 | 12 | 9 | - | 21 | - | - | - | 16 | 16 |
| 16-Dec-14 | 92,920 | 137 | 47 | 19 | - | 66 | 37 | 13 | - | 50 | - | - | - | 21 | 21 |
| 17-Dec-14 | 93,905 | 196 | 70 | 23 | - | 93 | 36 | 20 | - | 56 | 8 | 9 | - | 30 | 47 |

Lanjutan Lampiran A3. Data Jenis Cacat Bulan Desember 2015

| TANGGAL | RELEASE | PECAH | PEMBUATAN (KRITIS) | | | | PENGISIAN (MAYOR) | | | | TRANSPORTASI (MINOR) | | | | |
|-----------|-----------|-------|--------------------|--------|--------|-------|-------------------|---------|----|-------|----------------------|------|-------|--------|-----|
| | | | LEM | VALVER | KERTAS | JML | PM | BELT TO | BR | JML | BC-4 | BC-5 | TRUCK | KERTAS | JML |
| 18-Dec-14 | 86,155 | 158 | 57 | 14 | - | 71 | 45 | 11 | - | 56 | - | - | - | 31 | 31 |
| 19-Dec-14 | 83,710 | 131 | 62 | 18 | - | 80 | 17 | 13 | - | 30 | - | - | - | 21 | 21 |
| 20-Dec-14 | 77,470 | 173 | 64 | 21 | - | 85 | 52 | 14 | - | 66 | - | - | - | 22 | 22 |
| 21-Dec-14 | 96,715 | 126 | 46 | 18 | - | 64 | 23 | 16 | - | 39 | - | - | - | 23 | 23 |
| 22-Dec-14 | 95,900 | 249 | 87 | 25 | - | 112 | 68 | 28 | - | 96 | - | 6 | - | 35 | 41 |
| 23-Dec-14 | 92,250 | 100 | 31 | 17 | - | 48 | 19 | 9 | - | 28 | 3 | 4 | - | 17 | 24 |
| 24-Dec-14 | 85,310 | 109 | 43 | 20 | - | 63 | 20 | 10 | - | 30 | - | - | - | 16 | 16 |
| 25-Dec-14 | 102,250 | 135 | 60 | 29 | - | 89 | 12 | 12 | - | 24 | - | 2 | - | 20 | 22 |
| 26-Dec-14 | 99,750 | 103 | 49 | 28 | - | 77 | 6 | 6 | - | 12 | - | 2 | - | 12 | 14 |
| 27-Dec-14 | 70,380 | 89 | 32 | 12 | - | 44 | 12 | 11 | - | 23 | - | - | - | 22 | 22 |
| 28-Dec-14 | 68,125 | 88 | 29 | 15 | - | 44 | 17 | 5 | - | 22 | - | - | - | 22 | 22 |
| 29-Dec-14 | 52,085 | 75 | 24 | 4 | - | 28 | 15 | 8 | - | 23 | - | - | - | 24 | 24 |
| 30-Dec-14 | 86,625 | 105 | 41 | 6 | - | 47 | 20 | 13 | - | 33 | - | - | - | 25 | 25 |
| 31-Dec-14 | 79,995 | 138 | 73 | 21 | - | 94 | 13 | 6 | - | 19 | - | - | - | 25 | 25 |
| TOTAL | 2,737,700 | 4,275 | 1,749 | 531 | 7 | 2,287 | 745 | 424 | 3 | 1,172 | 19 | 36 | - | 761 | 816 |

**Lampiran B1. Data Proporsi Cacat Bulan Januari 2015
(Tahap 1)**

| Pengamatan ke- | P0 | P3 | P2 | P1 |
|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 1 | 0.998629 | 0.000782 | 0.000301 | 0.000289 |
| 2 | 0.998622 | 0.000704 | 0.000337 | 0.000337 |
| 3 | 0.998028 | 0.001028 | 0.000588 | 0.000357 |
| 4 | 0.998639 | 0.000691 | 0.000377 | 0.000293 |
| 5 | 0.998683 | 0.00073 | 0.000299 | 0.000287 |
| 6 | 0.998747 | 0.000684 | 0.000352 | 0.000218 |
| 7 | 0.998421 | 0.000862 | 0.00042 | 0.000298 |
| 8 | 0.998542 | 0.000816 | 0.000381 | 0.000261 |
| 9 | 0.998093 | 0.000964 | 0.00057 | 0.000374 |
| 10 | 0.998342 | 0.000905 | 0.000448 | 0.000305 |
| 11 | 0.998359 | 0.000882 | 0.000431 | 0.000328 |
| 12 | 0.998437 | 0.000855 | 0.000427 | 0.000282 |
| 13 | 0.997869 | 0.001052 | 0.000753 | 0.000326 |
| 14 | 0.998831 | 0.000633 | 0.000322 | 0.000214 |
| 15 | 0.998947 | 0.000675 | 0.000215 | 0.000164 |
| 16 | 0.998634 | 0.000657 | 0.000424 | 0.000286 |
| 17 | 0.99831 | 0.001134 | 0.000346 | 0.00021 |
| 18 | 0.998289 | 0.001266 | 0.000218 | 0.000227 |
| 19 | 0.998325 | 0.000622 | 0.000783 | 0.000271 |
| 20 | 0.998229 | 0.001012 | 0.000425 | 0.000334 |
| 21 | 0.998252 | 0.000786 | 0.000674 | 0.000289 |
| 22 | 0.998696 | 0.000715 | 0.000351 | 0.000238 |
| 23 | 0.998139 | 0.001077 | 0.00049 | 0.000294 |
| 24 | 0.998639 | 0.000769 | 0.000343 | 0.000249 |
| 25 | 0.998669 | 0.000697 | 0.000401 | 0.000232 |
| 26 | 0.998959 | 0.000638 | 0.000299 | 0.000104 |
| 27 | 0.998735 | 0.000625 | 0.000327 | 0.000313 |
| 28 | 0.998708 | 0.000646 | 0.000323 | 0.000323 |
| 29 | 0.99856 | 0.000538 | 0.000442 | 0.000461 |
| 30 | 0.998788 | 0.000543 | 0.000381 | 0.000289 |
| 31 | 0.998275 | 0.001175 | 0.000238 | 0.000313 |
| Rata-rata | 0.998497 | 0.000812 | 0.000409 | 0.000283 |

Keterangan:

- p_0 = proporsi sampel yang tidak cacat
 p_3 = proporsi kelas cacat kritis
 p_2 = proporsi kelas cacat mayor
 p_1 = proporsi kelas cacat minor

**Lampiran B2. Data Proporsi Cacat Bulan Februari 2015
(Tahap 2)**

| Pengamatan ke- | P0 | P3 | P2 | P1 |
|-----------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| 1 | 0.998553 | 0.000863 | 0.000229 | 0.000356 |
| 2 | 0.998741 | 0.000707 | 0.000345 | 0.000207 |
| 3 | 0.998129 | 0.000978 | 0.000607 | 0.000287 |
| 4 | 0.998504 | 0.000803 | 0.000536 | 0.000158 |
| 5 | 0.998312 | 0.000631 | 0.00069 | 0.000367 |
| 6 | 0.998552 | 0.000744 | 0.000422 | 0.000282 |
| 7 | 0.997917 | 0.001042 | 0.000613 | 0.000429 |
| 8 | 0.998526 | 0.00071 | 0.000538 | 0.000226 |
| 9 | 0.997913 | 0.00099 | 0.000596 | 0.000501 |
| 10 | 0.998166 | 0.000824 | 0.00065 | 0.00036 |
| 11 | 0.998435 | 0.000956 | 0.000358 | 0.000251 |
| 12 | 0.997767 | 0.001097 | 0.000852 | 0.000284 |
| 13 | 0.998697 | 0.000662 | 0.000403 | 0.000238 |
| 14 | 0.997404 | 0.001168 | 0.001001 | 0.000428 |
| 15 | 0.998916 | 0.00052 | 0.000304 | 0.00026 |
| 16 | 0.998722 | 0.000738 | 0.000352 | 0.000188 |
| 17 | 0.99868 | 0.00087 | 0.000235 | 0.000215 |
| 18 | 0.999113 | 0.000444 | 0.000274 | 0.00017 |
| 19 | 0.998812 | 0.000665 | 0.000339 | 0.000184 |
| 20 | 0.998822 | 0.000663 | 0.000307 | 0.000209 |
| 21 | 0.998816 | 0.000662 | 0.000345 | 0.000177 |
| 22 | 0.998616 | 0.000789 | 0.000351 | 0.000244 |
| 23 | 0.998236 | 0.000859 | 0.000499 | 0.000406 |
| 24 | 0.998067 | 0.001177 | 0.000384 | 0.000372 |
| 25 | 0.998217 | 0.000912 | 0.000504 | 0.000367 |
| 26 | 0.998112 | 0.001099 | 0.000437 | 0.000352 |
| 27 | 0.998501 | 0.000792 | 0.000384 | 0.000324 |
| 28 | 0.998908 | 0.000586 | 0.000322 | 0.000184 |
| Rata-rata | 0.998434 | 0.00082 | 0.00046 | 0.000286 |

Keterangan:

- p_0 = proporsi sampel yang tidak cacat
 p_3 = proporsi kelas cacat kritis
 p_2 = proporsi kelas cacat mayor
 p_1 = proporsi kelas cacat minor

Lampiran C. Hasil Perhitungan Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control*

(1) Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Tahap 1

| Pengamatan | $X^2_{(9,0.05)}$ | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | Z_5 | Z_6 | Z_7 | Z_8 | Z_9 | Z_{10} | Variabel Penyebab |
|------------|------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-----------|-----------|-------|-----------|-------------------|
| 3 | 16.919 | 0.021044 | 0.000357 | 0 | 0.001794 | 0.000371 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001658 | - |
| 9 | 16.919 | 0.0209131 | 0.0001879 | 0.0000001 | 0.0012770 | 0.0006395 | 0 | 0.0000003 | 0.0000007 | 0 | 0.0013354 | - |
| 13 | 16.919 | 0.0176987 | 0.0009695 | 0.0000000 | 0.0038056 | 0.0004552 | 0 | 0.0000000 | 0.0000003 | 0 | 0.0012493 | - |
| 15 | 16.919 | 0.0179469 | 0.0002600 | 0.0000000 | 0.0003848 | 0.0001244 | 0 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0 | 0.0006700 | - |
| 23 | 16.919 | 0.0214126 | 0.0005753 | 0.0000000 | 0.0010060 | 0.0003701 | 0 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0 | 0.0011493 | - |
| 26 | 16.919 | 0.0114424 | 0.0002813 | 0.0000000 | 0.0005815 | 0.0001978 | 0 | 0.0000000 | 0.0000000 | 0 | 0.0002157 | - |

*signifikan

(2) Identifikasi Variabel Penyebab *Out of Control* Tahap II

| Pengamatan | $X^2_{(9,0.05)}$ | Z_1 | Z_2 | Z_3 | Z_4 | Z_5 | Z_6 | Z_7 | Z_8 | Z_9 | Z_{10} | Variabel Penyebab |
|------------|------------------|----------|-----------|-------|----------|----------|-------|-----------|----------|-------|----------|-------------------|
| 3 | 16.919 | 0.011565 | 0.0002832 | 0 | 0.001094 | 0.000321 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.000702 | - |
| 7 | 16.919 | 0.024883 | 0.0006911 | 0 | 0.000783 | 0.00023 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.000503 | - |
| 9 | 16.919 | 0.015848 | 0.000502 | 0 | 0.00182 | 0.000323 | 0 | 0.000002 | 0.000004 | 0 | 0.001238 | - |
| 12 | 16.919 | 0.015009 | 0.0004741 | 0 | 0.004302 | 0.000179 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.000754 | - |
| 14 | 16.919 | 0.01927 | 0.0004668 | 0 | 0.005112 | 0.000498 | 0 | 0 | 0.000001 | 0 | 0.001326 | - |
| 15 | 16.919 | 0.006092 | 0.0005375 | 0 | 0.000994 | 0.000128 | 0 | 0.0000005 | 0.000001 | 0 | 0.000779 | - |
| 18 | 16.919 | 0.00784 | 0.000068 | 0 | 0.000583 | 0.000188 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00067 | - |
| 24 | 16.919 | 0.022252 | 0.0005257 | 0 | 0.00051 | 0.000199 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001555 | - |
| 26 | 16.919 | 0.021237 | 0.0001679 | 0 | 0.000742 | 0.00017 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.001257 | - |

*signifikan

Keterangan :

Z_1 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-1
 Z_2 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-2
 Z_3 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-3
 Z_4 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-4
 Z_5 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-5

Z_6 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-6
 Z_7 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-7
 Z_8 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-8
 Z_9 = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-9
 Z_{10} = Indikator kontribusi relatif dari variabel cacat ke-10

Lampiran D. Data Pengujian Proporsi

Tahap 1

| Pengamatan ke- | Release | Pecah | Proporsi |
|----------------|---------|-------|----------|
| 1 | 83,125 | 114 | 0.001371 |
| 2 | 103,760 | 143 | 0.001378 |
| 3 | 95,315 | 188 | 0.001972 |
| 4 | 95,515 | 130 | 0.001361 |
| 5 | 83,550 | 110 | 0.001317 |
| 6 | 96,535 | 121 | 0.001253 |
| 7 | 90,535 | 143 | 0.001579 |
| 8 | 91,925 | 134 | 0.001458 |
| 9 | 101,710 | 194 | 0.001907 |
| 10 | 104,955 | 174 | 0.001658 |
| 11 | 106,630 | 175 | 0.001641 |
| 12 | 102,980 | 161 | 0.001563 |
| 13 | 110,275 | 235 | 0.002131 |
| 14 | 93,260 | 108 | 0.001158 |
| 15 | 97,825 | 103 | 0.001053 |
| 16 | 94,415 | 129 | 0.001366 |
| 17 | 95,260 | 161 | 0.00169 |
| 18 | 101,130 | 173 | 0.001711 |
| 19 | 99,675 | 165 | 0.001655 |
| 20 | 98,815 | 175 | 0.001771 |
| 21 | 62,360 | 109 | 0.001748 |
| 22 | 79,775 | 107 | 0.001341 |
| 23 | 91,905 | 171 | 0.001861 |
| 24 | 96,230 | 131 | 0.001361 |
| 25 | 94,690 | 126 | 0.001331 |
| 26 | 76,850 | 80 | 0.001041 |
| 27 | 70,380 | 89 | 0.001265 |
| 28 | 68,125 | 88 | 0.001292 |
| 29 | 52,085 | 75 | 0.00144 |
| 30 | 86,625 | 105 | 0.001212 |
| 31 | 79,995 | 138 | 0.001725 |

Tahap 2

| Pengamatan ke- | Release | Pecah | Proporsi |
|----------------|---------|-------|----------|
| 1 | 39,380 | 57 | 0.001447 |
| 2 | 57,965 | 73 | 0.001259 |
| 3 | 59,320 | 111 | 0.001871 |
| 4 | 63,485 | 95 | 0.001496 |
| 5 | 68,130 | 115 | 0.001688 |
| 6 | 99,455 | 144 | 0.001448 |
| 7 | 97,925 | 204 | 0.002083 |
| 8 | 92,920 | 137 | 0.001474 |
| 9 | 93,905 | 196 | 0.002087 |
| 10 | 86,155 | 158 | 0.001834 |
| 11 | 83,710 | 131 | 0.001565 |
| 12 | 77,470 | 173 | 0.002233 |
| 13 | 96,715 | 126 | 0.001303 |
| 14 | 95,900 | 249 | 0.002596 |
| 15 | 92,250 | 100 | 0.001084 |
| 16 | 85,310 | 109 | 0.001278 |
| 17 | 102,250 | 135 | 0.00132 |
| 18 | 76,620 | 68 | 0.000887 |
| 19 | 70,725 | 84 | 0.001188 |
| 20 | 81,465 | 96 | 0.001178 |
| 21 | 107,285 | 127 | 0.001184 |
| 22 | 102,620 | 142 | 0.001384 |
| 23 | 86,155 | 152 | 0.001764 |
| 24 | 80,710 | 156 | 0.001933 |
| 25 | 73,480 | 131 | 0.001783 |
| 26 | 70,990 | 134 | 0.001888 |
| 27 | 83,380 | 125 | 0.001499 |
| 28 | 87,000 | 95 | 0.001092 |

BIODATA PENULIS



Penulis mempunyai nama lengkap Fitrah Indra Cahyani, yang lebih dikenal dengan panggilan Fitrah. Dilahirkan di Jombang, pada 10-April 1992 yang merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Jogoroto, SD Negeri 1 Jogoroto, SMP Negeri 1 Jogoroto,

SMA Negeri 1 Jogoroto-Jombang. Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Jogoroto pada tahun 2010, penulis mengikuti jalur Seleksi Penerimaan Mahasiswa Baru Diploma III diterima dengan NRP 1310030062. Setelah lulus dan memiliki gelar sebagai Ahli Madya (A.Md.), penulis melanjutkan studi Sarjana Statistika 2013 dengan NRP 1313105004. Segala kritik dan saran yang membangun, dapat dikirim melalui email penulis di Fitrahindrakahyani@gmail.com.